

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(11)Publication number : **09-186058**(43)Date of publication of application : **15.07.1997**

(51)Int.Cl.

H01L 21/027(21)Application number : **07-353266**(71)Applicant : **SONY CORP**(22)Date of filing : **28.12.1995**(72)Inventor : **KASUGA TAKU****(54) PROXIMITY EFFECT CORRECTING METHOD IN ELECTRON BEAM LITHOGRAPHY TECHNIQUE**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a proximity effect correcting method which can optimize the correction exposure amount at the center of a unit division in a boundary region where the pattern area density sharply changes.

SOLUTION: Firstly, (A) each unit division is subjected to bit map expansion, and the pattern area density in each of the unit divisions is calculated. (B) The pattern area density in each of the unit divisions is subjected to averaging process, and the pattern area density is calculated. (C) Stored energy caused by backward scattering is calculated on the basis of an EID (energy intensity distribution) function and the pattern area density. Secondly, (D) when the sum of square of the difference between the stored energy calculated in the above (C) and the stored energy calculated on the basis of the pattern area density after the averaging process which is obtained in the above (B) is greater than or equal to a specified value, the pattern area density is corrected. The electron beam exposure amount in the unit division is corrected on the basis of the obtained pattern area density after correction.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3348586

[Date of registration] 13.09.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-186058

(43)公開日 平成9年(1997)7月15日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 4 1 J

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 32 頁)

(21)出願番号 特願平7-353266

(22)出願日 平成7年(1995)12月28日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 春日 卓

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 弁理士 山本 孝久

(54)【発明の名称】 電子線リソグラフィ技術における近接効果補正法

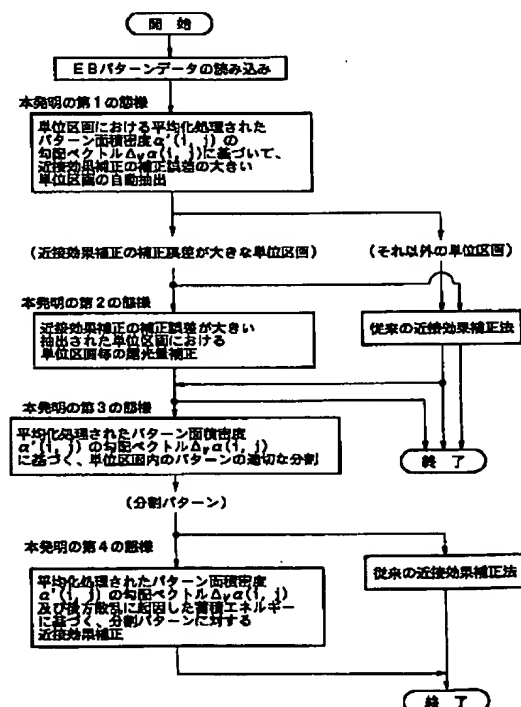
(57)【要約】

【課題】 パターン面積密度が急変する境界領域における単位区画の中心での補正露光量を最適化し得る近接効果補正法を提供する。

【解決手段】 近接効果補正法は、(A)各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度を算出し、(B)各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施してパターン面積密度を算出し、

(C)後方散乱に起因した蓄積エネルギーをE I D関数及びパターン面積密度に基づき算出し、(D)工程

(C)にて算出された蓄積エネルギーと、工程(B)にて得られた平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出された蓄積エネルギーとの差の自乗の合計が規定値以上である場合、パターン面積密度を修正し、得られた修正後のパターン面積密度に基づき単位区画における電子線ビーム露光量を補正する工程を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し該レジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、該描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法であって、

(A) 各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度を算出する工程と、

(B) 各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度を算出する工程と、

$$S_{th} = \{ \Delta L_{tol} / (\Delta L \cdot W) \} \{ (1 + \eta) / \eta \} \quad \text{式 (1)}$$

であることを特徴とする請求項1に記載の近接効果補正法。

【請求項3】基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し該レジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、該描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法であって、

(A) 各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度を算出する工程と、

(B) 各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度を算出する工程と、

(C) 各単位区画において、後方散乱に起因した蓄積エネルギーをEID関数及び平均化処理後の該パターン面積密度に基づき算出する工程と、

(D) 工程(C)にて算出された蓄積エネルギーと、工程(B)にて得られた平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出された蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求める工程と、

(E) 工程(D)にて求められた単位区画における差の自乗の合計が規定値以上である場合には、(E₁)パターン面積密度を修正し、かかる修正されたパターン面積密度に基づき蓄積エネルギーを算出し、(E₂)EID関数及び修正された該パターン面積密度に基づき、後方散乱に起因した蓄積エネルギーを算出し、(E₃)工程

(E₂)にて算出された蓄積エネルギーと、工程(E₁)にて得られた蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求め、(E₄)工程(E₃)にて求められた単位区画における差の自乗の合計が前記規定値以上である場合には、工程(E₁)から工程(E₃)を繰り返す工程と、

(F) 工程(E₁)の最後の繰り返しのて得られた修正されたパターン面積密度に基づき単位区画における電子線ビーム露光量を補正する工程、を含むことを特徴とする近接効果補正法。

【請求項4】前記工程(B)に引き続き、

(b₁) 平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトル

(C) 平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出する工程と、

(D) 算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程、を含むことを特徴とする近接効果補正法。

【請求項2】単位区画内の線幅変動許容値を ΔL_{tol} 、後方散乱係数を η 、単位区画内の線幅変動率を ΔL 、正方形の単位区画の一辺の長さをWとしたとき、前記所定の値 S_{th} は、

【数1】

ルを算出する工程と、

(b₂) 算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程、を更に含み、前記工程(C)乃至工程(F)の処理を、工程(b₂)にて確定された近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画に対して行うことを特徴とする請求項3に記載の近接効果補正法。

【請求項5】基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し該レジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、該描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法であって、

(A) 各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度を算出する工程と、

(B) 各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度を算出する工程と、

(C) 平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出する工程と、

(D) 算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程と、

(E) 工程(D)にて抽出された単位区画内のパターンを、前記勾配ベクトルの成分方向に沿って分割して、分割パターンを得る工程と、

(F) 該分割パターンのそれぞれに対する電子線ビーム露光量を、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して補正する工程、を含むことを特徴とする近接効果補正法。

【請求項6】前記工程(B)に引き続き、

(a) 各単位区画において、後方散乱に起因した蓄積エネルギーをEID関数及び前記工程(B)にて得られた平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出する工程と、

(b) 工程(a)にて算出された蓄積エネルギーと、前

記工程 (B) にて得られた平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出された蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求める工程と、

(c) 工程 (b) にて求められた単位区画における差の自乗の合計が規定値以上である場合には、(c₁) パターン面積密度を修正し、かかる修正されたパターン面積密度に基づき蓄積エネルギーを算出し、(c₂) EID 関数及び修正されたパターン面積密度に基づき、後方散乱に起因した蓄積エネルギーを算出し、(c₃) 工程

(c₂) にて算出された蓄積エネルギーと、工程 (c₁) にて得られた蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求め、(c₄) 工程 (c₃) にて求められた単位区画における差の自乗の合計が前記規定値以上である場合に

$$L_x \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_x''|) \quad \text{式 (2-1)}$$

$$L_y \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_y''|) \quad \text{式 (2-2)}$$

を共に満足することを特徴とする請求項 6 に記載の近接効果補正法。

【請求項 8】前記工程 (F) における分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正は、

(f₁) 前記工程 (D) にて抽出された単位区画内の所定の位置における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー、

(f₂) 所定のパターン密度において描画パターンの目標寸法を与える基準露光量、

(f₃) 後方散乱係数、及び、

(f₄) 前記工程 (D) にて抽出された単位区画内の前記所定の位置から、分割パターンの所定の位置までの距離と、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた

$$\begin{aligned} D_{div_cor}(x_{div_c}, y_{div_c}) \\ = D_s [(1 + \eta) \\ - 2 \eta \{ |\Delta_v \alpha_{x,i,j}''| \cdot (x_{div_c} - X_g) \\ + |\Delta_v \alpha_{y,i,j}''| \cdot (y_{div_c} - Y_g) \}] \\ - 2 (1 + \eta) E b_g(i, j) \end{aligned} \quad \text{式 (3)}$$

にて算出されることを特徴とする請求項 8 に記載の近接効果補正法。但し、

η : 後方散乱係数。

$|\Delta_v \alpha_{x,i,j}''|$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) において、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの x 軸方向成分の大きさ。

$|\Delta_v \alpha_{y,i,j}''|$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) において、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの y 軸方向成分の大きさ。

D_s : 所定のパターン密度において描画パターンの目標寸法を与える基準露光量。

$E b_g(i, j)$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) 内のパターンの面積重心点 (X_g ,

は、工程 (c₁) から工程 (c₃) を繰り返す工程と、

(d) 工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき、単位区画における電子線ビーム露光量を補正する工程、を更に含むことを特徴とする請求項 5 に記載の近接効果補正法。

【請求項 7】単位区画内の線幅変動許容値を ΔL_{tol} 、単位区画内の線幅変動率を ΔL 、後方散乱係数を η 、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度の勾配ベクトルの x 軸方向及び y 軸方向の大きさを $|\Delta_v \alpha_x''|$ 及び $|\Delta_v \alpha_y''|$ としたとき、分割パターンの x 軸方向及び y 軸方向の大きさ L_x 及び L_y は、

【数 2】

修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの大きさとの積、に基づき算出されることを特徴とする請求項 7 に記載の近接効果補正法。

【請求項 9】前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) の中心を座標の原点とし、該単位区画 (i, j) の前記所定の位置を面積重心点 (X_g , Y_g) とし、前記工程 (F) における分割パターンの前記所定の位置を該分割パターンの中心点 (x_{div_c} , y_{div_c}) としたとき、分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正值 $D_{div_cor}(x_{div_c}, y_{div_c})$ は、

【数 3】

Y_g における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し、このレジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】電子線ビームを用いて、半導体集積回路のパターンをシリコン半導体基板等から成る基板上に形成されたレジスト材料に対して描画する場合、描画に用いた電子線ビームがレジスト材料を透過し、基板に入射する。そして、電子線は基板中で広い範囲に亘って散乱し（即ち、電子線リソ

グラフィにおける所謂後方散乱が発生し)、その一部は再びレジスト材料に入射する。その結果、電子線ビームの入射部位に比較して遥かに広い範囲に亘ってレジスト材料が感光する。描画パターンの密度が低い場合には、後方散乱に起因したレジスト材料の露光は無視できる。しかしながら、描画パターンが近接し、密集している場合には、後方散乱に起因したレジスト材料の露光が非常に広い範囲に亘って発生する。図 26 の (A) 及び

(B) に模式図を示すこのような現象が、電子線リソグラフィにおける近接効果であり、従来から種々の近接効果補正法が提案されている。以下、従来の近接効果補正法の概要及びその問題点を説明する。

【0003】以降において、本発明を含む各種の近接効

果補正法を種々の式を用いて説明するが、予め、使用する変数を定義しておく。尚、単位区画とは、メッシュと同義である。また、描画図形とは、単位区画内の描画すべきパターンと同義であり、単位区画内に存在する電子線ビームによって描画すべきパターンを意味する。更には、パターン密度 A% とは、或る面積内のパターンを考えたとき、かかる面積内でパターンが占める面積の総和が A% であることを意味する。尚、記号「 Δ 」の直後に添え字「v」が付けられている場合、ベクトルを意味する。

【0004】

【表 1】

η	: E I D 関数における後方散乱係数 (反射係数とも呼ばれる)
β_f	: E I D 関数における前方散乱半径
β_b	: E I D 関数における後方散乱半径
W	: 矩形の描画図形の一辺の長さ、又は正方形の単位区画の一辺の長さ (メッシュサイズ)
$e_b(x, y)$: 1 描画図形が点 (x, y) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー
$e_{b,p,q}(x, y)$: 単位区画 (p, q) に位置する 1 描画図形が点 (x, y) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー
$E_b(x, y)$: 全ての描画図形が点 (x, y) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー
$E_b(i, j)$: 全ての描画図形が単位区画 (i, j) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー
$\Delta_v E_b(i, j)$: 全ての描画図形が単位区画 (i, j) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギーの勾配ベクトル
$\Delta_v E_{b,x,i,j}$: 全ての描画図形が単位区画 (i, j) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギーの勾配ベクトルの x 軸方向の成分
$\Delta_v E_{b,y,i,j}$: 全ての描画図形が単位区画 (i, j) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギーの勾配ベクトルの y 軸方向の成分
$\alpha_{x,i,j}$: 単位区画 (i, j) におけるパターン面積密度の内、x 軸方向の成分
$\alpha_{y,i,j}$: 単位区画 (i, j) におけるパターン面積密度の内、y 軸方向の成分
$\alpha'(i, j)$: 単位区画 (i, j) における平均化処理後のパターン面積密度
$\Delta_v \alpha(i, j)$: 単位区画 (i, j) における平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトル
$\Delta_v \alpha_{x,i,j}$: 単位区画 (i, j) における平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルの x 軸方向成分
$\Delta_v \alpha_{y,i,j}$: 単位区画 (i, j) における平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルの y 軸方向成分
S_{th}	: パターン面積密度の勾配ベクトルの閾値 (所定の値)
R_{sm}	: 平均化範囲 (平均化処理に用いる単位区画の数)
N_{sm}	: 平均化回数
D	: 露光量
D_p	: 所定のパターン密度 (例えば 50%) において描画パター

ンの目標寸法を与える基準露光量

- $D_{cor}(i, j)$: 単位区画 (i, j) における補正露光量
 $D_{cor}(x, y)$: 点 (x, y) における補正露光量
 ΔL_{mesh} : 単位区画内での線幅変動量
 ΔL : 所定のパターン密度 (例えば 50%) における露光量変動率 ($\Delta Eb/D_s$) に対する線幅変動率。言い換えれば、単位区画内の線幅変動率
 ΔL_{tol} : 単位区画内の線幅変動許容値
 L_x, L_y : 分割パターンの x 軸方向及び y 軸方向の大きさ
 $Eb_EID_0(i, j)$: 反復計算 N 回後の単位区画 (i, j) の中心における後方散乱に起因した蓄積エネルギー (EID 関数に基づく)
 $Derr_M(i, j)$: 反復計算 N 回後の単位区画 (i, j) の中心における露光量誤差
 $\alpha'' err_M(i, j)$: 反復計算 N 回後の修正されたパターン面積密度と、 EID 関数に基づく後方散乱に起因した蓄積エネルギーから推定されるパターン面積密度との差
 $Eb_s(i, j)$: 単位区画 (i, j) 内のパターン (総描画図形) の面積重心点における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー
 $Ddiv_cor(x_{div_c}, y_{div_c})$: 分割パターンの中心 (x_{div_c}, y_{div_c}) における電子線ビームの補正露光量

【0005】 (代表点評価による逐次計算法) 近接効果補正法として広く用いられている代表点評価による逐次計算法は、例えば描画図形のコーナーや各辺の midpoint に代表点を設け、各代表点における露光強度を EID (Energy Intensity Distribution) 関数を用いて計算し、レジストにおけるパターン形成に必要とされる露光エネルギーの閾値に一致するように、各露光ショットにおける露光量を最適化する方法である。この方法については、例えば、M. Parikh, J. Appl. Phys, 50 (1979), 4371 や、M. Parikh, J. Appl. Phys, 50 (1979), 4378、M. Parikh, J. Appl. Phys, 50 (1979), 4383 に説明されている。

【0006】 補正計算は、或る描画図形における代表点 $P(x, y)$ での蓄積エネルギー計算と露光量最適化計

算に分けることができる。或る描画図形における代表点 $P(x, y)$ での蓄積エネルギー計算においては、代表点 $P(x, y)$ における、他の図形が及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー $Q(x, y)$ を、式 (4) を用いて計算する。ここで、代表点 $P(x, y)$ に影響を及ぼす近接した図形の範囲は、少なくとも、T. H. P. Chang, J. Vac. Soi. Technol. 12, 1271 (1983) によって提案された式 (5) の EID 関数で定義されるところの後方散乱半径 (β_b) の 3 倍の範囲とする。尚、後方散乱半径 (β_b) の 3 倍の範囲を、模式的に図 27 には実線の円形で示した。また、式 (4) 中、 $D(x', y')$ の項は、露光イメージ (パターン) を表す。

【0007】

【数 4】

$$Q(x, y) = \frac{1}{\pi(1+\eta)} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} D(x', y') \left[\frac{1}{\beta_f^2} \exp \left\{ \frac{(x-x')^2 + (y-y')^2}{\beta_f^2} \right\} + \frac{\eta}{\beta_b^2} \exp \left\{ \frac{(x-x')^2 + (y-y')^2}{\beta_b^2} \right\} \right] dx' dy' \quad \text{式 (4)}$$

【0008】

【数 5】

$$EID(r) = \frac{1}{\pi(1+\eta)} \left\{ \frac{1}{\beta_f^2} \exp \left(-\frac{r^2}{\beta_f^2} \right) + \frac{\eta}{\beta_b^2} \exp \left(-\frac{r^2}{\beta_b^2} \right) \right\} \quad \text{式 (5)}$$

但し $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

【0009】 次いで、各代表点 $P(x, y)$ における式 (4) を用いて計算された蓄積エネルギー $Q(x, y)$ と、各代表点における規定露光強度 (多くの場合、エッジ露光量 E_{ed}) との差の 2 乗の総和を求め、近接効果の

大きさを定量化する。続いて、各露光ショットにおける露光量を調整 (補正) し、差の 2 乗の総和を再び評価する。そして、差の 2 乗の総和が極小となるように、各露光ショットにおける露光量を調整 (補正) する。

【0010】半導体集積回路の微細化、高集積化に伴い、電子線ビームでパターン描画を行うべき1チップ当りの描画すべき図形数は飛躍的に増大している。また、高解像電子線リソグラフィの開発の流れとして、電子線ビームの加速電圧を高める傾向にあり、30kV、50kVといった露光装置も出現し、更には、100kVといった露光装置も現実化されようとしている。加速電圧が20kVの場合、後方散乱半径 β_b は3～5 μ mであるのに対して、加速電圧が50kVになると、後方散乱半径 β_b は10 μ m程度になる。高加速電圧化によって後方散乱半径 β_b が著しく大きくなり(図27においては、点線の円形で模式的に示した)、描画すべき図形数の増大と共に、従来の代表点評価による逐次計算における補正計算に必要とされる計算時間も爆発的に増大し、実用的ではなくなっている。

【0011】いま、一辺 $W\mu$ m、間隔 $W\mu$ mで配置されている正方形の描画図形における代表点評価による逐次計算法による近接効果補正を考える(図27及び図28参照)。尚、図28には、描画図形の1つの図示した。これらはデザインルール $W\mu$ mのパターンであるとみな

すことができる。単位区画(i, j)に位置する描画図形に配した代表点の1つ $P(x, y)$ における後方散乱に起因する蓄積エネルギーを計算する。そのために、先ず、単位区画(p, q)に位置する或る1図形が点 $P(x, y)$ に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー $eb_{pq}(x, y)$ を、式(6)から求める。尚、式(6)中、(X, Y)は、単位区画(p, q)に位置する一辺の長さWの正方形の図形の中心点の座標である。点 $P(x, y)$ に影響を及ぼす図形として、少なくとも後方散乱半径 β_b の3倍の範囲に位置する図形を考慮しなければならない。これらの図形からの蓄積エネルギーの影響の総和を考えた場合、単位区画(i, j)における後方散乱に起因した蓄積エネルギー $Eb_{ij}(x, y)$ を、式(7)から求めることができる。デザインルール(W)の微細化に伴って、単位面積当りの図形数が増加することは明らかであり、従って、従来の代表点評価による逐次計算法での蓄積エネルギー計算量は増大する一方である。

【0012】

【数6】

$$eb_{pq}(x, y) = \frac{D\eta}{\pi\beta_b^2(1+\eta)} \int_{x-\frac{W}{2}}^{x+\frac{W}{2}} \exp\left\{-\frac{(x-x')^2}{\beta_b^2}\right\} dx' \int_{y-\frac{W}{2}}^{y+\frac{W}{2}} \exp\left\{-\frac{(y-y')^2}{\beta_b^2}\right\} dy' \quad \text{式(6)}$$

【0013】

$$Eb_{ij}(x, y) = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n eb_{pq}(x, y)$$

【数7】

式(7)

【0014】デザインルール(W)の微細化を達成するためには、電子線描画の高解像化が必要であり、そのためには高加速電圧化が必要とされる。その結果、後方散乱半径 β_b が増加するので、点 $P(x, y)$ における蓄積エネルギーに影響を与える周辺の図形数は爆発的に増加し、その結果、蓄積エネルギー計算量も爆発的に増大する。このことを、図29に模式的に示す。図29におけるx軸は後方散乱半径 β_b を示し、y軸は、点P

(x, y)における蓄積エネルギーに影響を与える周辺の図形数を示す。各曲線は、デザインルール(W)を表す。チップ全体での図形数も増加するので、蓄積エネルギー計算量の総計は、点 $P(x, y)$ における蓄積エネルギーに影響を与える周辺の図形数に、チップ全体での図形数を乗じたものである。このように、代表点評価による逐次計算法における露光量最適化の計算量は爆発的なものとなり、次世代の超LSIの開発においては、計算時間の観点から代表点評価による逐次計算法は実用的ではない。

【0015】(代表図形法)描画パターンの高密度化、微細化、電子線ビームの高加速電圧化に伴い、従来の代表点評価による逐次計算法による近接効果補正の計算時間面での欠点を補うために、補正計算を、近似化、簡易

化し、補正計算に必要な時間を大幅に短縮する近接効果補正法が提案されている。高加速電圧による描画では、後方散乱に起因する露光を被る図形の範囲が半径約10 μ m以上の広い範囲となる。しかも半径約10 μ m以内の範囲では、後方散乱に起因する露光量が図形に依らず、単位区画内のパターン面積密度に基づいて均一化されるということが知られており、この特長に基づく簡便で高速な近接効果補正法が提案されている。このような近接効果補正法の1つが、代表図形法と呼ばれる近接効果補正法である。

【0016】代表図形法では、図30に示すように、描画すべきパターンを一定サイズの単位区画(メッシュ)に分割し、単位区画内の1又は複数の図形を、単位区画内の図形総面積に等しく、且つ、面積重心点に位置する1つの矩形図形に置き換え、近似して、例えば代表点評価による逐次計算法に基づき近接効果補正計算を行う。

【0017】(面積密度マップ法)また、単位区画(メッシュ)をビットマップ展開して、単位区画内のパターン(描画図形)のパターン面積密度を算出し、隣接する単位区画同士のパターン面積密度を平均化する平均化処理(スムージング処理)を施し近接効果補正を行うという、面積密度マップ法(ビットマップ法とも呼ばれる)

も提案され、その効果が確かめられている。ここでは、図31に示すような、パターン密度50%の領域(図31の左側の領域)とパターン密度約0%の領域(図31の右側の領域)の境界領域に配した微細パターン(ライン幅 $0.2\mu\text{m}$)をモデルパターンとして、面積密度マップ法を概説する。尚、50kVの加速電圧にてシリコン半導体基板上のレジスト材料にパターニングを行う場合を想定し、前方散乱半径 $\beta_f=0.05\mu\text{m}$ 、後方散乱半径 $\beta_b=10.0\mu\text{m}$ 、反射係数 $\eta=0.78$ とした。尚、単位区画は、図31の点線で囲まれた正方形の領域であり、一辺の長さ(W)を $6.4\mu\text{m}$ とした。

【0018】 先ず、近接効果補正を行わない場合のパターン線幅の変化を計算にて求めた結果を図32に示す。ここでは、蓄積エネルギーの算出に、ダブルガウシアン関数から成る式(5)のEID関数を使用した。基準露光量をパターン密度50%の領域における露光量とした。それ故、パターン密度50%の領域ではパターン線幅は設定線幅($0.2\mu\text{m}$)となっている。一方、パターン密度約0%の領域では、後方散乱に起因した蓄積エネルギーE_bが少なく、その結果、パターン線幅が大幅に細くなってしまう。このように、周辺のパターン密度に依存して、パターン線幅に変化が生ずる。しかも、50kVという高加速電圧では、パターン密度が変化する境界領域(以下、単に境界領域と呼ぶ場合もある)の両側 $10\mu\text{m}$ 以上にも互ってパターン線幅が著しく変化してしまい、全く実用にならない。

【0019】 一方、面積密度マップ法によって近接効果

$$\alpha'(i, j) = \frac{\sum_{k=-m}^m \sum_{l=-m}^m \alpha(i+k, j+l)}{R_{sm} \times R_{sm}}$$

$$\text{但し } m = \frac{R_{sm} - 1}{2}$$

【0024】

$$\alpha'(i, j) = \sum_{k=-m}^m \sum_{l=-m}^m a(i+k, j+l) \alpha(i+k, j+l)$$

$$\text{但し } m \text{ は } \frac{3\beta_b}{W} \text{ の商の値}$$

ここで、

$$a(i+k, j+l) = \frac{C\eta}{\pi \beta_b^2 (1+\eta)} \int_{-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} \exp \left[\frac{(kW - x')^2}{\beta_b^2} \right] dx'$$

$$\times \int_{-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} \exp \left[\frac{(lW - y')^2}{\beta_b^2} \right] dy'$$

但し Cは定数

【0025】 [ステップ-40] 平均化処理を行った後のパターン面積密度 α' (i, j)に基づいて、各单位

補正を行った例を以下に示す。面積密度マップ法の計算の流れを、図33に示す。

【0020】 [ステップ-10] 面積密度マップ法においては、先ず、描画パターンデータ(EBパターンデータ)を読み込み、次いで、描画パターンデータを所定の単位区画に分割し、各单位区画(メッシュ)を或るグリッドサイズのビットマップに展開する。各グリッド上の描画図形の有無が、「1」又は「0」で記述される。

【0021】 [ステップ-20] 次に、このビットマップを用いて単位区画(メッシュ: $W\mu\text{m}$)当たりのパターン面積密度 $\alpha(i, j)$ を算出する。得られたパターン面積密度 $\alpha(i, j)$ を図34に示す。

【0022】 [ステップ-30] 算出されたパターン面積密度 $\alpha(i, j)$ に対して、平均化処理(平滑化処理・スムージング処理)を行う。平均化処理には、式

(8)を用いる。即ち、着目した単位区画(i, j)の近傍の単位区画(i+k, j+l)におけるパターン面積密度を単純平均する操作を、複数回行う。得られた平均化処理後の面積密度 $\alpha'(i, j)$ を、図35に示す。あるいは又、後方散乱半径 β_b の3倍程度の領域について、着目した単位区画(i, j)に対する後方散乱の及ぼす度合いの大きさに基づいて、重み付け平均を式(9-1)及び式(9-2)を用いて得る。この平均化処理によって、広い範囲に亙る後方散乱による相互近接効果を露光量の補正に反映させることができる。

【0023】

【数8】

式(8)

【数9】

式(9-1)

式(9-2)

区画における補正露光量 $D_{cor}(i, j)$ を算出する(図36参照)。単位区画(i, j)における補正露光

量 $D_{cor}(i, j)$ は、式(10)から求めることができる。ここで D_s は基準露光量であり、例えばパターン密度50%の領域における最適露光エネルギー(例えば大面積のライン・アンド・スペースパターンを1:1に解像する露光量)とする。各単位区画に対して各露光ショット(形状は矩形)の補正露光量 D_{cor} を割り付け、

$$D_{cor}(i, j) = D_s \cdot (1 + \eta) / \{1 + 2\alpha' (i, j) \cdot \eta\}$$

式(10)

【0027】以下、式(10)の導出を簡単に説明する。電子線ビームの加速電圧が50kVといった高加速電圧の場合、後方散乱半径 β_b は約10 μ mと非常に大きく、一定の範囲内では、後方散乱に起因した蓄積エネルギー分布は一定とみなすことができる。描画率を100%とみなしたときの前方散乱に起因した蓄積エネルギー E_{f100} と後方散乱に起因した蓄積エネルギー E_{b100} は、露光量を D としたとき、以下の式(11-1)及び式(11-2)で表すことができる。

【0028】

【数11】

$$E_{f100} = D / (1 + \eta) \quad \text{式(11-1)}$$

$$E_b = \alpha \cdot E_{b100} = \alpha \cdot \eta \cdot D / (1 + \eta) \quad \text{式(12)}$$

【0031】いま、パターン面積密度 α において、或るパターンの設計寸法を与えるパターンエッジ露光強度を $E_{th}(\alpha)$ とすると、 $E_{th}(\alpha)$ は、以下の式(13)

$$E_{th}(\alpha) = E_{th}(0) + \alpha \cdot \eta \cdot D / (1 + \eta) \quad \text{式(13)}$$

【0033】ここで、 $E_{th}(0)$ は前方散乱のみの場合($\alpha=0$)のパターンの設計寸法を与えるパターンエッジ露光強度である。 $E_{th}(0)$ における(即ち、前方散乱のみににおける)スライスレベルを $I_{th}(0 < I_{th} <$

$$E_{th}(\alpha) = I_{th} \cdot D / (1 + \eta) + \alpha \cdot \eta \cdot D / (1 + \eta) \\ = (I_{th} + \alpha \cdot \eta) D / (1 + \eta) \quad \text{式(14)}$$

【0035】基準パターン面積密度を α_s 、基準露光量を D_s とすれば、式(15)に示すように、式(14)と同様の表現をすることができる。

$$E_{th}(\alpha_s) = (I_{th} + \alpha_s \cdot \eta) D_s / (1 + \eta) \quad \text{式(15)}$$

【0037】後方散乱に起因した蓄積エネルギー E_b はパターン面積密度 α によって変化するので、同一露光量のもとではパターンエッジ露光強度が変化し、その結果、レジスト材料に形成されるパターンサイズが変化してしまう。このような現象を回避するためには、全てのパターン面積密度 α において、設計パターンサイズを与えるパターンエッジ露光強度 $E_{th}(\alpha)$ が一定となるよ

$$D_{cor}(\alpha) = D_s \cdot (I_{th} + \alpha_s \cdot \eta) / (I_{th} + \alpha \cdot \eta) \quad \text{式(16)}$$

【0039】ここで、 $I_{th}=0.5$ とし、 $\alpha_s=0.5$ (即ち、ライン/スペースを1:1に露光する場合に相当し、パターン密度50%に相当する)とし、 α を $\alpha'(i, j)$ に置き換えれば、式(16)から式(10)を得ることができる。尚、 I_{th} や α_s の値は、使用する露光装置やレジスト材料に形成すべきパターンに依存して適宜設定すればよく、それに応じて式(10)の内容

電子線ビーム(EB)による実際のパターン描画を行う。パターン面積密度の算出、平均化処理(スムージング処理)及び補正露光量は、いずれも算術的な計算であり、極めて短い時間で行うことが可能である。

【0026】

【数10】

$$E_{b100} = \eta \cdot D / (1 + \eta) \quad \text{式(11-2)}$$

【0029】電子線ビームの加速電圧が50kVといった高加速電圧の場合、後方散乱半径 β_b 以内(約10 μ m)では、後方散乱に起因した蓄積エネルギー分布はパターン面積密度に依らず平坦化されており、後方散乱に起因した蓄積エネルギー E_b はパターン面積密度 α ($0 < \alpha < 1$)に比例する。従って、後方散乱に起因した蓄積エネルギー E_b を、以下の式(12)から求めることができる。

【0030】

【数12】

にて求めることができる。

【0032】

【数13】

1)とすると、式(13)は、以下の式(14)のように書き換えることができる。

【0034】

【数14】

【0036】

【数15】

うに、露光量 D を補正すればよい。即ち、式(14)の右辺と式(15)の右辺とを等しくおき、補正された露光量 $D_{cor}(\alpha)$ を求めればよい。結果を、以下の式(16)に示す。

【0038】

【数16】

【0040】面積密度マップ法による近接効果補正を行った場合の露光量の補正例を図37及び図38に示す。ここでは、単位区画の一辺の長さ(W)(メッシュサイズ)を2.56 μ mとし、平均化処理を全く行わなかった場合と、平均化範囲(R_{av})3 \times 3を単純平均し、平均化回数(N_{av})を9回とした場合を示す。露光ショッ

ト（形状は矩形）は、単位区画の形状に一致していると想定した。図37に、面積密度マップ法による近接効果補正であって、平均化処理を行った場合及び行わなかった場合のパターン線幅の変化を示す。更に、図38には、補正露光量 $D_{cor}(x)$ 、パターン面積密度 $\alpha(x)$ 、平均化処理されたパターン面積密度 $\alpha'(x)$ 、及び後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E_b(x)$ を示す。図37から、パターン面積密度が十分に均一な領域（ $x < -15 \mu m$ 、及び $x > 15 \mu m$ ）では、式（10）に基づいて、理論的には、完全に近接効果補正をすることが可能であることが判る。

【0041】しかしながら、面積密度マップ法においては、図38に示すように、平均化処理が施されたパターン面積密度 $\alpha'(x)$ が急変する境界領域では、後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E_b(x)$ は平均化されたパターン面積密度 $\alpha'(x)$ とほぼ相似であり、平均化されたパターン面積密度 $\alpha'(x)$ に基づいて算出された補正露光量 $D_{cor}(x)$ は相互近接効果をそこそこ反映している。従って、境界領域においても、そこそこ近接効果補正を達成している。しかしながら、補正露光量 D_{cor} がパターン面積密度単位の階段状であるが故に、境界領域の単位区画内での補正露光量 D_{cor} に補正残りが発生することを原理的に避けることができない。このため、境界領域では、鋸状の補正残りが発生してしまう。その結果、図37に示すように、パターン線幅が鋸状に変化する。

【0042】更に、高密度側のパターン密度が高い場合、この鋸状の補正残りは顕著となり、図39に示すように、パターン密度100%の領域に隣接したパターンにおいては、補正露光量 D_{cor} の補正残りは無視できない程度の大きさとなる。しかも、図39からも明らかに、各単位区画内における鋸状のパターン線幅変化だけではなく、パターン線幅が目標値より狭いことから、境界領域での各単位区画における補正露光量が常に露光アンダー側にシフトしていることが判る。即ち、単位区画（メッシュ）の中心における補正露光量が適切な値からずれている。尚、図39において、「100%-0%」はパターン密度100%とパターン密度約0%の領域とが形成されていることを意味し、「50%-0%」はパターン密度50%とパターン密度約0%の領域とが形成されていることを意味し、「10%-0%」はパターン密度10%とパターン密度約0%の領域とが形成されていることを意味する。

【0043】このように、従来の近接効果補正法の1つである面積密度マップ法では、パターン面積密度が急激に変化する境界領域においては、図37及び図39に示したように、原理的に補正できない近接効果補正残りが発生し、その結果、パターン線幅に大きな変化が生じる。従って、精密な近接効果補正を行うためには、このようなパターン面積密度が急激に変化する単位区画を自

動的に抽出する必要がある。メモリーデバイスのようなパターン（例えば、図2参照）の描画においては、セルアレイの端部においてパターン面積密度が急激に変化し、かかる領域において、面積密度マップ法を適応した場合に補正残りが発生することは容易に想像できる。従って、人力によってこの領域のみに高精度な近接効果補正を行うことが可能である。しかしながら、ロジック系デバイスやメモリーデバイスの周辺回路のようにパターンが複雑な場合には、パターン面積密度が急激に変化し大きな近接効果補正残りが生じ得る単位区画を、人力で判断、抽出することは極めて困難である。

【0044】また、種々の近接効果補正によって、適切な補正露光量が単位区画のそれぞれに与えられたとしても、従来の近接効果補正法においては、単位区画内では、単一の露光量しか設定されない。従って、パターン面積密度が急変し、後方散乱に起因した蓄積エネルギー E_b が急変する領域では、描画図形内での近接効果補正残りが原理的に発生してしまう。特に、近年の高速電子線露光装置では、高いスループットを達成するために、最大 $5 \mu m$ □といった大口径の可変矩形ビームが用いられており、当然のことながら、1つの矩形ビームには単一の露光領域（露光ショット）しか与えられない。従って、境界領域を照射する大口径ビームにおいては、同様に、ビーム内での原理的な補正残りが発生することが避けられない。従って、面積密度マップ法による近接効果補正は、実用的な計算処理速度達成が可能ではあるものの、パターン面積密度が変化する領域において、原理的に、補正精度に限界があり、デザインルール $0.2 \mu m$ 以下といった次世代超LSIの高精度なパターン描画を行うことは難しい。それ故、パターン面積密度が急変し、後方散乱に起因した蓄積エネルギーが急変する単位区画においては、単位区画内のパターンを適切に分割し、分割パターン単位での露光量の補正を行わなければならない。しかしながら、闇雲に必要以上に単位区画内のパターンの分割を行うと、電子線ビームの描画データが増大し、データハンドリング、描画時間の観点から好ましくない。

【0045】従って、本発明の第1の目的は、原理的に補正できない近接効果補正残りが発生し得る単位区画、即ち、パターン面積密度が急激に変化する単位区画を自動的に抽出することができる近接効果補正法を提供することにある。

【0046】本発明の第2の目的は、パターン面積密度が急変する境界領域における単位区画の中心での補正露光量を最適化し得る近接効果補正法を提供することにある。

【0047】本発明の第3の目的は、パターン面積密度が急変し、後方散乱に起因した蓄積エネルギーが急変する単位区画において、単位区画内のパターンを適切に分割し、分割パターン単位での露光量の補正を行うことを

可能にする近接効果補正法を提供することにある。

【0048】本発明の第4の目的は、高速且つ簡便な方法で分割パターンに対する補正露光量を与え得る近接効果補正法を提供することにある。

【0049】

【課題を解決するための手段】上記の第1の目的を達成するための本発明の第1の態様に係る近接効果補正法は、基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し該レジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、該描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法であって、(A)各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパ

$$S_{th} = \{ \Delta L_{tol} / (\Delta L \cdot W) \} \{ (1 + \eta) / \eta \} \quad \text{式 (1)}$$

であることが好ましい。

【0051】上記の第2の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る近接効果補正法は、基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し該レジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、該描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法であって、

(A)各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度を算出する工程と、

(B)各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度を算出する工程と、

(C)各単位区画において、後方散乱に起因した蓄積エネルギーをEID関数及び平均化処理後の該パターン面積密度に基づき算出する工程と、

(D)工程(C)にて算出された蓄積エネルギーと、工程(B)にて得られた平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出された蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求める工程と、

(E)工程(D)にて求められた単位区画における差の自乗の合計が規定値以上である場合には、(E₁)パターン面積密度を修正し、かかる修正されたパターン面積密度に基づき蓄積エネルギーを算出し、(E₂)EID関数及び修正された該パターン面積密度に基づき、後方散乱に起因した蓄積エネルギーを算出し、(E₃)工程

(E₂)にて算出された蓄積エネルギーと、工程(E₁)にて得られた蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求め、(E₄)工程(E₃)にて求められた単位区画における差の自乗の合計が前記規定値以上である場合には、工程(E₁)から工程(E₃)を繰り返す工程と、

(F)工程(E₁)の最後の繰り返しの得られた修正されたパターン面積密度に基づき単位区画における電子線ビーム露光量を補正する工程、を含むことを特徴とす

ターン面積密度を算出する工程と、(B)各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度を算出する工程と、(C)平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出する工程と、(D)算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程、を含むことを特徴とする。

【0050】本発明の第1の態様に係る近接効果補正法においては、単位区画内の線幅変動許容値を ΔL_{tol} 、後方散乱係数を η 、単位区画内の線幅変動率を ΔL 、正方形の単位区画の一辺の長さを W としたとき、前記所定の値 S_{th} は、

【数17】

る。

【0052】本発明の第2の態様に係る近接効果補正法においては、前記工程(B)に引き続き、(b₁)平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出する工程と、(b₂)算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程、を更に含み、前記工程(C)乃至工程(F)の処理を、工程(b₂)にて確定された近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画に対して行うことが好ましい。

【0053】上記の第3の目的を達成するための本発明の第3の態様に係る近接効果補正法は、基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し該レジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、該描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する近接効果補正法であって、(A)各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度を算出する工程と、(B)各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度を算出する工程と、(C)平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出する工程と、(D)算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程と、(E)工程(D)にて抽出された単位区画内のパターンを、前記勾配ベクトルの成分方向に沿って分割して、分割パターンを得る工程と、(F)該分割パターンのそれぞれに対する電子線ビーム露光量を、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して補正する工程、を含むことを特徴とする。

【0054】本発明の第3の態様に係る近接効果補正法においては、前記工程(B)に引き続き、

(a)各単位区画において、後方散乱に起因した蓄積エネルギーをEID関数及び前記工程(B)にて得られた

平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出する工程と、

(b) 工程 (a) にて算出された蓄積エネルギーと、前記工程 (B) にて得られた平均化処理後のパターン面積密度に基づき算出された蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求める工程と、

(c) 工程 (b) にて求められた単位区画における差の自乗の合計が規定値以上である場合には、(c₁) パターン面積密度を修正し、かかる修正されたパターン面積密度に基づき蓄積エネルギーを算出し、(c₂) E I D 関数及び修正されたパターン面積密度に基づき、後方散乱に起因した蓄積エネルギーを算出し、(c₃) 工程 (c₂) にて算出された蓄積エネルギーと、工程 (c₁) にて得られた蓄積エネルギーとの差を、各単位区画において求め、(c₄) 工程 (c₃) にて求められた単位区画

$$L_x \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_x''|) \quad \text{式 (2-1)}$$

$$L_y \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_y''|) \quad \text{式 (2-2)}$$

を共に満足することが望ましい。

【0056】また、本発明の第3の態様に係る近接効果補正法においては、上記の第4の目的を達成するために、前記工程 (F) における分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正は、(f₁) 前記工程 (D) にて抽出された単位区画内の所定の位置における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー、(f₂) 所定のパターン密度において描画パターンの目標寸法を与える基準露光量、(f₃) 後方散乱係数、及び、(f₄) 前記工程

(D) にて抽出された単位区画内の前記所定の位置から、分割パターンの所定の位置までの距離と、前記工程

$$\begin{aligned} D_{div_cor}(x_{div_c}, y_{div_c}) \\ = D_s [(1 + \eta) \\ - 2 \eta \{ |\Delta_v \alpha_{x,i,j}''| \cdot (x_{div_c} - X_g) \\ + |\Delta_v \alpha_{y,i,j}''| \cdot (y_{div_c} - Y_g) \}] \\ - 2 (1 + \eta) E b_g(i, j) \quad \text{式 (3)} \end{aligned}$$

にて算出されることを特徴とする請求項8に記載の近接効果補正法。但し、

η : 後方散乱係数。

$|\Delta_v \alpha_{x,i,j}''|$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) において、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの x 軸方向成分の大きさ。

$|\Delta_v \alpha_{y,i,j}''|$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) において、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの y 軸方向成分の大きさ。

D_s : 所定のパターン密度において描画パターンの目標寸法を与える基準露光量。

$E b_g(i, j)$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) 内のパターンの面積重心点 (X_g ,

における差の自乗の合計が前記規定値以上である場合には、工程 (c₁) から工程 (c₃) を繰り返す工程と、

(d) 工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき、単位区画における電子線ビーム露光量を補正する工程、を更に含むことが好ましい。

【0055】この場合、単位区画内の線幅変動許容値を ΔL_{tol} 、単位区画内の線幅変動率を ΔL 、後方散乱係数を η 、前記工程 (c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度の勾配ベクトルの x 軸方向及び y 軸方向の大きさを $|\Delta_v \alpha_x''|$ 及び $|\Delta_v \alpha_y''|$ としたとき、分割パターンの x 軸方向及び y 軸方向の大きさ L_x 及び L_y は、

【数18】

(c₁) の最後の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの大きさとの積、に基づき算出することができる。この場合、前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) の中心を座標の原点とし、該単位区画 (i, j) の前記所定の位置を面積重心点 (X_g , Y_g) とし、前記工程 (F) における分割パターンの前記所定の位置を該分割パターンの中心点 (x_{div_c} , y_{div_c}) としたとき、分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正值 $D_{div_cor}(x_{div_c}, y_{div_c})$ は、

【数19】

Y_g) における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー。

【0057】以上の本発明の第1～第4の態様に係る近接効果補正法及び従来の近接効果補正法の関係を、図1の流れ図に示す。

【0058】本発明の第1の態様に係る近接効果補正法においては、平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出することによって、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を自動的に確定することが可能となる。

【0059】本発明の第2の態様に係る近接効果補正法においては、修正されたパターン面積密度に基づき算出された蓄積エネルギーと、E I D 関数及び修正されたパターン面積密度に基づき算出された後方散乱に起因した蓄積エネルギーとの差の自乗の合計を評価することで、パターン面積密度の修正を高い精度で得ることができ、その結果、単位区画の中心若しくは面積重心点等の所定の位置における補正露光量の最適化を図ることができる。

し、設計寸法からのパターン線幅の線幅の変化量を、従来法よりも小さくすることができる。

【0060】本発明の第3の態様に係る近接効果補正法においては、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画内におけるパターンを適切な大きさに分割することができるので、電子線ビームの描画データが増大したり、データハンドリング、描画時間に問題が生じることはない。

【0061】本発明の第4の態様に係る近接効果補正法においては、単位区画内では後方散乱に起因する蓄積エネルギーはほぼ直線的に変化すると見なせるので、パターン面積密度の勾配ベクトルに基づく露光量補正平面を想定することができ、分割パターンに対する補正露光量を、繰り返し計算や大規模な行列計算で求める必要がなく、高速且つ高精度な近接効果補正を行うことができる。

【0062】

【実施例】以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。尚、以下の実施例においては、図2に示したパターン、即ち、ほぼパターン密度100%の領域からパターン密度約0%の領域に延びる微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）をモデルパターンとして想定した。単位区画の形状を正方形とし、単位区画の一边の長さ（W）（メッシュサイズ）を5.12 μ mとした。また、EID関数における前方散乱半径 β_f を0.05 μ m、後方散乱半径 β_b を10.0 μ m、反射係数 η を0.78とした。パターン密度100%の領域A及び領域Bの幅（x軸方向の長さ）は51.2 μ mであり、領域Aの上辺から領域Bの下辺までの距離（y軸方向の距離）を46.08 μ mとした。

【0063】図2に示したパターンにおいて、近接効果補正を全く行わなかった場合の微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅変化の計算結果を図3に示す。近接効果によって、パターン密度100%の領域（高密度パターン領域）とパターン密度約0%の領域（それ以外の領域）で、非常に大きなパターン線幅変化が生じている。また、パターン密度が変化する境界領域から±15 μ mの広い範囲に亘って、近接効果の影響が及んでいることが判る。

【0064】（実施例1）実施例1は、半導体基板から成る基板上の電子線感光レジスト材料に電子線ビームを照射し、このレジスト材料にパターンを描画する電子線リソグラフィ技術において、描画すべきパターンを所定の単位区画に分割し、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して、各単位区画に照射すべき電子線ビーム露光量を補正する本発明の第1の態様に係る近接効果補正法に関する。より具体的には、実施例1は、平均化処理されたパターン面積密度 α' （ i, j ）における勾配ベクトル分布 $\Delta_v \alpha$ （ $\Delta_v \alpha_{x,i,j}, \Delta_v \alpha_{y,i,j}$ ）に基づき、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を自

動的に抽出する方法に関する。

【0065】従来の近接効果補正法の1つである面積密度マップ法では、パターン面積密度が急激に変化する境界領域において、図37及び図39に示したように、原理的に補正できない近接効果補正残りが発生してしまい、その結果、パターン線幅に変化が生じる。従って、精密な近接効果補正を行うためには、このようなパターン面積密度が急激に変化する単位区画を自動的に抽出する必要がある。

【0066】実施例1の近接効果補正法を、以下、図4のフローチャートを参照して、説明する。実施例1の近接効果補正法は、以下の各ステップから構成される。

【ステップー100】（単位区画のビットマップ展開）

先ず、描画パターンデータ（EBパターンデータ）を読み込み、次いで、描画パターンデータを所定の単位区画に分割し、各単位区画（メッシュ）をビットマップ展開する工程。

【ステップー110】（各単位区画のパターン面積密度の算出）

各単位区画においてパターン面積密度 α を算出する工程。

【ステップー120】（パターン面積密度の平均化処理）

各単位区画におけるパターン面積密度 α に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度 α' を算出する工程。

【ステップー130】（パターン面積密度の勾配ベクトル算出）

平均化処理後のパターン面積密度 α' の勾配ベクトル $\Delta_v \alpha$ を算出する工程。

【ステップー140】（パターン面積密度が急激に変化する単位区画の自動抽出）

算出された勾配ベクトル $\Delta_v \alpha$ の大きさが所定の値 S_{th} 以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する工程。

【ステップー150】確定された近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画に対して、後述する本発明の第2の態様に係る近接効果補正法を実行する。あるいは又、代表点評価による逐次計算法といった従来の近接効果補正法を実行する。また、それ以外の単位区画については、代表図形法、面積密度マップ法といった従来の近接効果補正法を実行する。

【0067】【ステップー100】、【ステップー110】及び【ステップー120】は、従来の面積密度マップ法やでのアルゴリズム（先に説明した【ステップー100】～【ステップー30】）をそのまま使用することができるので、詳細な説明は省略し、以下、【ステップー130】及び【ステップー140】を詳しく説明する。尚、単位区画（メッシュ）毎のパターン面積密度 α の算

出結果を、図 5 に示す。また、平均化処理後の単位区画（メッシュ）毎のパターン面積密度 α' の算出結果を、図 6 に示す。

【0068】 [ステップ 130] (パターン面積密度の勾配ベクトル算出)

ステップ 120 に引き続き、平均化処理後のパターン面積密度 α' の勾配ベクトル $\Delta_v \alpha$ を算出する。即ち、各单位区画 (i, j) における平均化処理後のパターン面積密度 $\alpha' (i, j)$ の勾配ベクトル $\Delta_v \alpha (\Delta_v \alpha_{x,i,j}, \Delta_v \alpha_{y,i,j})$ を式 (17-1) 及び式 (17-2) に基づき算出する。より具体的には、或る単位区画

$$\Delta_v \alpha_{x,i,j} = \{ \alpha'_x (i+1, j) - \alpha'_x (i-1, j) \} / 2W \quad \text{式 (17-1)}$$

$$\Delta_v \alpha_{y,i,j} = \{ \alpha'_y (i, j+1) - \alpha'_y (i, j-1) \} / 2W \quad \text{式 (17-2)}$$

【0070】 [ステップ 140] (パターン面積密度が急激に変化する単位区画の自動抽出)

高加速電圧においては、全ての描画図形が単位区画 (i, j) に及ぼす後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E_b (i, j)$ と、平均化処理されたパターン面積密度

$$E_b (i, j) \approx \alpha' (i, j) \cdot D \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式 (18)}$$

【0072】 従って、パターン面積密度が急激に変化する境界領域においても、概ね式 (18) の間系が成り立つと考えられる。それ故、後方散乱に起因した蓄積エネルギーの勾配ベクトルを $\Delta_v E_b (i, j) = (\Delta_v E_b_{x,i,j}, \Delta_v E_b_{y,i,j})$ とした場合、蓄積エネルギーの

$$\Delta_v E_b_{x,i,j} \approx \Delta_v \alpha_{x,i,j} \cdot D \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式 (19-1)}$$

$$\Delta_v E_b_{y,i,j} \approx \Delta_v \alpha_{y,i,j} \cdot D \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式 (19-2)}$$

【0074】 ステップ 140 においては、算出された勾配ベクトル $\Delta_v \alpha$ に基づき、平均化処理後のパターン面積密度 α' が急激に変化する単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する。言い換えれば、算出された勾配ベクトル $\Delta_v \alpha$ の大きさが所定の値 S_{th} 以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する。

$$| \Delta_v \alpha (i, j) | = \{ (\Delta_v \alpha_{x,i,j})^2 + (\Delta_v \alpha_{y,i,j})^2 \}^{1/2} \quad \text{式 (20)}$$

【0077】 図 2 に示したパターンに対する平均化処理後のパターン面積密度に対応する、パターン面積密度の勾配ベクトルの絶対値の分布を図 7 に示す。図 7 から、ピークの一層高い部分において、後方散乱による蓄積エネルギーの分布が急激に変化することが予想される。

【0078】 パターン面積密度の勾配ベクトルの大きさ $| \Delta_v \alpha (i, j) |$ が、予め決められた所定の値（閾値 S_{th} ）以上である単位区画（メッシュ）を自動抽出する。あるいは又、 $| \Delta_v \alpha_{x,i,j} |$ 及び／又は $| \Delta_v \alpha_{y,i,j} |$ の値が、予め決められた所定の値（閾値 S_{thx}

$$| \Delta_v \alpha (i, j) | \geq S_{th} \quad \text{の場合、} \quad s(i, j) = 1 \quad \text{式 (21-1)}$$

$$| \Delta_v \alpha (i, j) | < S_{th} \quad \text{の場合、} \quad s(i, j) = 0 \quad \text{式 (21-2)}$$

(i, j) における平均化処理後のパターン面積密度を $\alpha' (i, j) = (\alpha'_x (i, j), \alpha'_y (i, j))$ とすると、パターン面積密度 $\alpha' (i, j)$ の勾配ベクトル $\Delta_v \alpha (\Delta_v \alpha_{x,i,j}, \Delta_v \alpha_{y,i,j})$ は中央差分法を用いて求めることができる。尚、勾配ベクトル $\Delta_v \alpha$ の求め方はこのような方法に限定するものではない。ここで、 W は単位区画の一边の長さ（メッシュサイズ）であり、パターン面積密度に対する微分オペレータに相当する。

【0069】

【数 20】

$\alpha' (i, j)$ の間には、パターン面積密度が一定の場合、式 (18) の関係が概ね成立する。尚、 D は露光量である。

【0071】

【数 21】

勾配ベクトル $\Delta_v E_b (i, j)$ は、以下の式 (19-1) 及び式 (19-2) から求めることができる。

【0073】

【数 22】

【0075】 即ち、平均化処理後のパターン面積密度 $\alpha' (i, j)$ の勾配ベクトル $\Delta_v \alpha (i, j)$ の大きさ $| \Delta_v \alpha (i, j) |$ (下記の式 (20) 参照)、若しくは $| \Delta_v \alpha_{x,i,j} |$ 及び $| \Delta_v \alpha_{y,i,j} |$ を各单位区画において算出する。

【0076】

【数 23】

及び閾値 S_{thx} を越える単位区画（メッシュ）を自動抽出する。これによって、パターン面積密度が急激に変化することによる後方散乱に起因した蓄積エネルギー E_b の変動が大きくなる単位区画（即ち、近接効果補正残りが顕著になる単位区画）を、自動的に抽出することができる。 $s(i, j)$ によって、各单位区画（メッシュ）の抽出の有無を表す。即ち、 $s(i, j)$ は、以下の式 (21-1) 及び式 (21-2) にて決される。

【0079】

【数 24】

【0080】ここで、閾値 S_{th} （あるいは、 $S_{th,x}$ 及び $S_{th,y}$ ）は、近接効果補正残しの判断基準となる値であり、実験値あるいは経験値から決定してもよいし、以下の方法に基づき決定してもよい。

【0081】いま、着目すべき単位区画（ i, j ）のパターン面積密度の勾配ベクトルの大きさを $|\Delta_v \alpha(i, j)|$ とすると、1つの単位区画内の両端での後方散乱

$$|\Delta_v E b_{x,i,j}| \cdot W \approx |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \cdot W \cdot D_s \cdot \eta / (1 + \eta)$$

式（22-1）

$$|\Delta_v E b_{y,i,j}| \cdot W \approx |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \cdot W \cdot D_s \cdot \eta / (1 + \eta)$$

式（22-2）

【0083】パターン密度50%における露光量変動率（ $|\Delta E b| / D_s$ ）に対する線幅変動率（単位区画内の線幅変動率）を ΔL とする。尚、 ΔL は、実験又はシミュレーションから求めればよい。1つの単位区画内の両端での線幅変動量 ΔL_{mesh} （ $\Delta L_{mesh,x}$, $\Delta L_{mesh,y}$ ）を、式（22-1）及び式（22-2）に基づき、以下の式（23-1）又は式（23-2）から求めることができる。

$$\begin{aligned} \Delta L_{mesh,x} &\approx \Delta L \cdot (|\Delta_v E b_{x,i,j}| / D_s) \cdot W \\ &\approx \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \cdot W \cdot \eta / (1 + \eta) \end{aligned} \quad \text{式（23-1）}$$

$$\begin{aligned} \Delta L_{mesh,y} &\approx \Delta L \cdot (|\Delta_v E b_{y,i,j}| / D_s) \cdot W \\ &\approx \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \cdot W \cdot \eta / (1 + \eta) \end{aligned} \quad \text{式（23-2）}$$

【0085】 ΔL_{tol} （ $\Delta L_{tol,x}$, $\Delta L_{tol,y}$ ）を単位区画内の線幅変動許容値とすると、線幅変動量 ΔL_{mesh} の最大値が ΔL_{tol} 以下であればよいのであるから、式（23-1）及び式（23-2）は、以下の式（24-1）及び式（24-2）に書き換えることができる。

$$\Delta L_{tol,x} \geq \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \cdot W \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式（24-1）}$$

$$\Delta L_{tol,y} \geq \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \cdot W \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式（24-2）}$$

【0087】式（24-1）及び式（24-2）を変形し、一般的な形式にすると、以下の式（25-1）及び式（25-2）を得ることができる。

$$\Delta L_{tol,x} \cdot (1 + \eta) / (\Delta L \cdot W \cdot \eta) \geq |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \quad \text{式（25-1）}$$

$$\Delta L_{tol,y} \cdot (1 + \eta) / (\Delta L \cdot W \cdot \eta) \geq |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \quad \text{式（25-2）}$$

【0089】従って、閾値 S_{th} （ $S_{th,x}$, $S_{th,y}$ ）を、式（25-1）及び式（25-2）に基づき、以下の式（26-1）及び式（26-2）のように決定すればよい。

$$\begin{aligned} S_{th,x} &= |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \\ &= \Delta L_{tol,x} \cdot (1 + \eta) / (\Delta L \cdot W \cdot \eta) \end{aligned} \quad \text{式（26-1）}$$

$$\begin{aligned} S_{th,y} &= |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \\ &= \Delta L_{tol,y} \cdot (1 + \eta) / (\Delta L \cdot W \cdot \eta) \end{aligned} \quad \text{式（26-2）}$$

【0091】尚、通常、 $\Delta L_{tol,x}$ と $\Delta L_{tol,y}$ とは同じ値（ ΔL_{tol} ）とすることができるので、式（26-1）及び式（26-2）は、自乗和の平方根をとることによって、あるいは又、 x, y の記号を削除して、一般的に、以下の式（1）で表すことができる。

$$S_{th} = \{ \Delta L_{tol} / (\Delta L \cdot W) \} \cdot \{ (1 + \eta) / \eta \} \quad \text{式（1）}$$

【0093】図7に示したパターン面積密度の勾配ベクトルに対して閾値処理を施し、算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値 S_{th} 以上である単位区画、即ち、パターン面積密度が急変する単位区画（メッシュ）を抽出した結果を、図8に示す。

に起因する x 軸方向及び y 軸方向の露光量変動（ $|\Delta_v E b_{x,i,j}| \cdot W$, $|\Delta_v E b_{y,i,j}| \cdot W$ ）は、以下の式（22-1）及び式（22-2）で表すことができる。

【0082】

【数25】

【0084】

【数26】

【0086】

【数27】

【0088】

【数28】

【0090】

【数29】

【0092】

【数30】

【0094】以上に説明した方法で自動的に抽出されたパターン面積密度が急変する単位区画に対して、以下に説明する本発明の第2の態様に係る近接効果補正法若しくは従来の代表点評価による逐次計算法等といった、一層高精度の近接効果補正法を適応する。それ以外の単位

区画に関しては、従来の面積密度マップ法等の簡略化された近接効果補正法をそのまま適用することができる。即ち、以下の式(27)に示した補正式を用いて近接効果補正を行った補正露光量 $D_{cor}(i, j)$ を得ること

$$D_{cor}(i, j) = D_s \cdot (1 + \eta) / \{ (1 + 2\alpha' (i, j) \cdot \eta) \}$$

【0096】(実施例2) 実施例2は、本発明の第2の態様に係る近接効果補正法に関する。実施例2においては、実施例1にて抽出された近接効果補正の補正誤差の大きな単位区画、即ち、 $s(i, j) = 1$ の単位区画に対して、補正露光量の最適化を行う。

【0097】面積密度マップ法で算出した補正露光量には、パターン面積密度が急変する境界領域において補正計算自体に自己整合性(self consistency)がない。即ち、先に説明したとおり、補正露光量 D_{cor} がパターン面積密度単位の階段状であるが故に、境界領域における単位区画内での補正残りを、原理的に避けることができない。このため、境界領域では、図37及び図39に示したように鋸状の補正残りが発生してしまい、その結果、パターン線幅に変化が生じる。更には、単位区画(メッシュ)の中心における補正露光量が適切な値からずれてしまう。

【0098】図9に、従来の面積密度マップ法を用いた場合の、図2に示したパターンにおける微細ラインパターン(線幅 $0.2\mu m$)のパターン線幅変化を示す。平均化処理は線幅変化が最小となる最適条件を選択している(平均化範囲 $R_m: 3 \times 3$ 、平均化回数 $N_m: 3$ 回)。各単位区画内における鋸状の線幅変化だけではなく、線幅が目標値より狭いことから、境界領域での各単位区画における補正露光量が常に露光アンダー側にシフトしていることが判る。即ち、単位区画(メッシュ)の中心における補正露光量が適切な値からずれている。単位区画の一边の長さ(W)(メッシュサイズ)を $5.12\mu m$ 、 $2.56\mu m$ にしても、境界領域における単位区画の中心での補正露光量の誤差の発生は避けられない(図10参照)。

【0099】実施例2においては、先に実施例1にて説明したパターン面積密度が急激に変化する単位区画の自動抽出法にて抽出した単位区画に対して、面積密度マップ法で算出した補正露光量を初期値として、補正露光量の最適化を行う。以下、図11に示すフローチャートを参照して、実施例2の近接効果補正法を説明する。

【0100】[ステップ200] 先ず、実施例1の[ステップ100]と同様にして、描画パターンデータ(EBパターンデータ)を読み込み、次いで、描画パターンデータを所定の単位区画に分割し、各単位区画を

ができる。

【0095】

【数31】

式(27)

ビットマップ展開し、[ステップ110]と同様に各単位区画におけるパターン面積密度を算出する。次いで、[ステップ120]と同様に各単位区画におけるパターン面積密度に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度 α'_n (但し、 $N=1$)を算出する。その後[ステップ130]と同様に、平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを算出する。次いで、[ステップ140]と同様に、算出された勾配ベクトルの大きさが所定の値(S_{th})以上である単位区画を抽出し、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する。

【0101】[ステップ210] 次に、各単位区画(実施例2においては、[ステップ200]にて確定された近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画)において、後方散乱に起因した蓄積エネルギーをEID関数に基づき算出する。即ち、初期値($N=1$)として、パターン面積密度が急激に変化する単位区画(i, j)の中心(X_c, Y_c) [又は面積重心点(X_g, Y_g)]において、後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E_{b_EID_{i,j,N}}$ をEID関数に基づき算出する。尚、単位区画(i, j)に影響を及ぼす周辺の単位区画(p, q)を、それぞれのパターン面積密度に対応する露光量を有する一边Wの正方形[中心座標(X_p, Y_q)]とみなせば、蓄積エネルギー $E_{b_EID_{i,j,N}}$ を、下記の式(28)、並びに式(29-1)及び式(29-2)から求めることができる。尚、式(28)における D_N は露光量であり、 $N=1$ である。また、式(29-1)においては、単位区画(i, j)の中心(X_c, Y_c)における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E_{b_EID_{i,j,N}}$ をEID関数に基づき算出しているが、面積重心点(X_g, Y_g)における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E_{b_EID_{i,j,N}}$ をEID関数に基づき算出する場合には、式(29-1)において、 X_c 及び Y_c を、 X_g 、 Y_g に置き換えればよい。尚、式(29-1)の右边は、 D_N の項を除き、 N が変わっても一定の値である。従って、式(29-1)の右边の D_N の項を除いた値は、一度計算しておけばよい。

【0102】

【数32】

$$D_N(i, j) = D_s \cdot (1 + \eta) / \{ (1 + 2\alpha'_N(i, j) \cdot \eta) \}$$

式(28)

【0103】

【数33】

$$eb_{p,q}(X_{-c}, Y_{-c}) = D_N \frac{\eta \alpha'(i, j)}{\pi \beta_b (1 + \eta)} \times \int_{X_p - \frac{W}{2}}^{X_p + \frac{W}{2}} \frac{(X_{-c} - x')^2}{\beta_b^2} dx' \\ \times \int_{Y_p - \frac{W}{2}}^{Y_p + \frac{W}{2}} \frac{(Y_{-c} - y')^2}{\beta_b^2} dy' \quad \text{式 (29-1)}$$

$$Eb_EID_{i,jN}(X_{-c}, Y_{-c}) = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n eb_{p,q}(X_{-c}, Y_{-c}) \quad \text{式 (29-2)}$$

【0104】 [ステップ-220] 次に、[ステップ-200] にて得られた平均化処理後のパターン面積密度 α'_N (但し、 $N=1$) に基づき蓄積エネルギーを、式

$$Eb_N(i, j) = \alpha'_N(i, j) \cdot D_s \cdot \eta / \{1 + 2\alpha'_N(i, j) \cdot \eta\}$$

式 (30)

【0106】そして、単位区画 (i, j) の中心若しくは面積重心点における露光量誤差 $Derr_N(i, j)$ を、下記の式 (31) に基づき求める (但し、 $N=1$)。式 (30) で求まる露光量誤差 $Derr_N$ は、E I D 関数から求められた蓄積エネルギー $Eb_EID_{i,jN}$ [式

$$Derr_N(i, j) \\ = Eb_EID_{i,jN}(i, j) - Eb_N(i, j) \\ = Eb_EID_{i,jN}(i, j) \\ - \alpha'_N(i, j) \cdot D_s \cdot \eta / \{1 + 2\alpha'_N(i, j) \cdot \eta\}$$

式 (31)

【0108】 [ステップ-230] [ステップ-220] にて求められたそれぞれの単位区画における差 $Derr_N(i, j)$ の自乗の合計 $\Sigma \Sigma [Derr_N(i, j)]^2$ (但し $N=1$) が規定値以上である場合には、以下の処理を実行する。規定値未満である場合には、後述する [ステップ-240] を実行する。尚、規定値は、実験やシミュレーションにて予め決定しておけばよい。

【0109】 [ステップ-231] パターン面積密度 α'_1 若しくは α''_N を修正し、かかる修正されたパターン面積密度に基づき蓄積エネルギーを算出する。即ち、規定値以上の場合、以下の式 (32-1) 及び式 (32

$$\alpha''_2(i, j) = \alpha'_1(i, j) + \alpha'_{err_1}(i, j) / 2$$

又は、

$$\alpha''_{N+1}(i, j) = \alpha''_N(i, j) + \alpha''_{err_N}(i, j) / 2$$

式 (32-1)

但し、

$$\alpha'_{err_1}(i, j) \\ = \alpha'_1(i, j) \\ - Eb_EID_{i,j1}(i, j) \\ / [\{\eta \cdot \{D_s - 2Eb_EID_{i,j1}(i, j)\}\}]$$

又は、

$$\alpha''_{err_N}(i, j) \\ = \alpha''_N(i, j) \\ - Eb_EID_{i,jN}(i, j) \\ / [\{\eta \cdot \{D_s - 2Eb_EID_{i,jN}(i, j)\}\}]$$

(30) に基づき算出する。

【0105】

【数34】

(28) 並びに式 (29-1) 及び式 (29-2) 参照) と、式 (30) から算出された $Eb_N(i, j)$ との差である。

【0107】

【数35】

-2) に従い、 $\alpha'_1(i, j)$ 若しくは $\alpha''_N(i, j)$ (但し、 $N=2, 3, 4 \dots$) を修正して $\alpha''_{N+1}(i, j)$ を得る。尚、 α' は、平均化処理後のパターン面積密度を意味する。一方、修正されたパターン面積密度と平均化処理後のパターン面積密度とを区別するために、修正されたパターン面積密度は α'' で表す。尚、 α'_{err_1} や α''_{err_N} の大きさは、本質的には任意であり、式 (31) が収束するように選定すればよい。

【0110】

【数36】

式(32-2)

【0111】そして、Nをインクリメントして、下記の式(33)に基づき、修正されたパターン面積密度 α''_N に基づき蓄積エネルギーを算出する。尚、式(33)における $\alpha''_N(i, j)$ は、式(32-1)における

$$Eb_N(i, j) = \alpha''_N(i, j) \cdot D_s \cdot \eta / (1 + 2\alpha''_N(i, j) \cdot \eta)$$

式(33)

【0113】[ステップ-232] 後方散乱に起因した蓄積エネルギーをEID関数及び修正されたパターン面積密度に基づき、式(34)、上記の式(29-1)及

$$D_N(i, j) = D_s \cdot (1 + \eta) / \{1 + 2\alpha''_N(i, j) \cdot \eta\}$$

式(34)

【0115】[ステップ-233] そして、単位区画(i, j)の中心若しくは面積重心点における露光量誤差Derr_N(i, j)を、下記の式(35)に基づき求

$$\begin{aligned} Derr_N(i, j) &= Eb_{EID_{i,jN}}(i, j) - Eb_N(i, j) \\ &= Eb_{EID_{i,jN}}(i, j) \\ &\quad - \alpha''_N(i, j) \cdot D_s \cdot \eta / \{1 + 2\alpha''_N(i, j) \cdot \eta\} \end{aligned}$$

式(35)

【0117】[ステップ-234] [ステップ-23] にて求められたそれぞれの単位区画における差Derr_N(i, j)の自乗の合計 $\sum \sum [Derr_N(i, j)]^2$ が規定値以上である場合には、[ステップ-231]に戻る。規定値未満である場合には、以下の[ステップ-240]を実行する。

【0118】尚、[ステップ-231] から[ステップ-234]を通常4~5回(即ち、N=5~6)、繰り返すことで、各単位区画の中心又は面積重心点における最適パターン面積密度 $\alpha''_N(i, j)$ が定まり、最適補正露光量を決定することができる。後方散乱半径 β_b に対して、一定以上の単位区画の大きさ(メッシュサイ

$$D_{cor}(i, j) = D_s \cdot (1 + \eta) / \{1 + 2\alpha''_N(i, j) \cdot \eta\}$$

式(36)

【0121】あるいは又、最後の[ステップ-231]の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度 $\alpha''_N(i, j)$ 、式(34)、上記の式(29-1)及び式(29-2)に基づき、以下の式(37)から単位区画における電子線ビームの補正露光量を算出しても

$$D_{cor}(i, j) = (1 + \eta) \{D_s - Eb_{EID_{i,jN}}(i, j)\}$$

式(37)

【0123】境界領域における、各単位区画毎での補正露光量の最適化を行った場合の、式(35)のDerr_N(i, j)の計算結果を図13に示す。また、微細ラインパターン(線幅0.2 μ m)のパターン線幅変化を図14に示す。鋸状のパターン線幅の変化が設計寸法である0.2 μ m線幅を中心に上下に発生しており、単位区画の中心におけるパターン線幅が設計寸法と等しくなっていることから、各単位区画の中心で補正露光量の最適化が行われていることが判る。パターン線幅の変化を従

$\alpha''_{N+1}(i, j)$ 又は $\alpha''_{N+1}(i, j)$ と等しい。

【0112】

【数37】

び式(29-2)から算出する。

【0114】

【数38】

める。

【0116】

【数39】

ズ、W)を設定すれば、容易に収束し得る。N=1(初期条件：従来法)における式(31)のDerr_N(i, j)の計算結果を、図12に示す。境界領域付近において、従来法では、露光アンダーになっていることが判る。

【0119】[ステップ-240] 最後の[ステップ-231]の繰り返しにて得られた修正されたパターン面積密度 $\alpha''_N(i, j)$ に基づき、単位区画(i, j)における電子線ビームの補正露光量を、以下の式(36)に基づき補正する。

【0120】

【数40】

よい。尚、式(37)の基本的な導出については、後述する。

【0122】

【数41】

来法と比較した結果を、図15に示す。実施例2の近接効果補正法においても、鋸状の近接効果補正残りが生じていることが、図15のパターン線幅の変化を示す図からも明らかである。しかしながら、設計寸法(0.2 μ m)からのパターン線幅の線幅の変化量は、従来法よりも小さくなっている。

【0124】(実施例3) 実施例3は、本発明の第3の態様に係る近接効果補正法に関する。実施例3においては、近接効果補正の高精度化を図るために、平均化处理

されたパターン面積密度の勾配ベクトルに基づいて、単位区画内のパターンを適切な分割パターンに分割する。即ち、実施例3においては、実施例1で説明したパターン面積密度の勾配ベクトルを用いて、後方散乱に起因した蓄積エネルギーの勾配の方向性を考慮して、パターン面積密度の急激な変化方向を長手方向として有するパターンのみについて効率的にパターン分割を行い、それに引き続き露光量の補正を高精度にて行う。以下、図16のフローチャートを参照して、実施例3の近接効果補正法を説明する。

【0125】[ステップ-300] 先ず、描画パターンデータ(EBパターンデータ)を読み込み、次いで、描画パターンデータを所定の単位区画に分割し、各単位区画をビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度 α を算出する。次いで、各単位区画におけるパターン面積密度 α に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度 α' を算出する。その後、平均化処理後のパターン面積密度 α' の勾配ベクトル $\Delta_v\alpha$ を算出する。そして、算出された勾配ベクトル $\Delta_v\alpha$ に基づき、平均化処理後のパターン面積密度が急激に変化する単位区画を抽出し(即ち、算出された勾配ベクトル $\Delta_v\alpha$ の大きさが所定の値 S_{th} 以上である単位区画を抽出し)、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する。以上の処理は、実施例1にて説明した方法と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。尚、平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを、図17に模式的に示す。尚、灰色を付した単位区画は、平均化処理後のパターン面積密度が急激に変化する単位区画を示す。

【0126】[ステップ-310] [ステップ-30

$$\Delta L_{tol} \geq \Delta L \cdot (|\Delta_v E b_x| / D_s) \cdot L_x$$

$$= \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_x| \cdot L_x \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式(38-1)}$$

$$\Delta L_{tol} \geq \Delta L \cdot (|\Delta_v E b_y| / D_s) \cdot L_y$$

$$= \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_y| \cdot L_y \cdot \eta / (1 + \eta) \quad \text{式(38-2)}$$

【0131】従って、式(39-1)及び式(39-2)を分割パターンの許容サイズ L_x 、 L_y が満足するように単位区画内のパターンの分割を行えば、所望の線幅

$$L_x \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_x|) \quad \text{式(39-1)}$$

$$L_y \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha_y|) \quad \text{式(39-2)}$$

【0133】尚、実施例1に引き続き、実施例2を実行した場合には、実施例2の最後の[ステップ-231]にて得られた修正されたパターン面積密度 $\alpha''_n(i, j)$ の勾配ベクトル $\Delta_v \alpha''(i, j) = (\Delta_v \alpha''_x, \Delta_v \alpha''_y)$ に基づき、式(40-1)及び式(40-

$$L_x \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha''_x|) \quad \text{式(40-1)}$$

$$L_y \geq \Delta L_{tol} \cdot (1 + \eta) / (\eta \cdot \Delta L \cdot |\Delta_v \alpha''_y|) \quad \text{式(40-2)}$$

【0135】[ステップ-320] その後、それぞれの分割パターンに対する電子線ビーム露光量を、電子の後方散乱に起因した蓄積エネルギーを考慮して補正する(図20参照)。これによって、パターン面積密度が急

0]にて抽出された単位区画の1つを、図18の(A)に示す。この単位区画(メッシュ)内には、3つの図形(図形A、図形B及び図形C)が含まれており、図形Aは隣接する単位区画(メッシュ)に跨っている。また、図18の(A)に示すように、パターン面積密度の勾配ベクトルが右上45度の方向を向いているとする。

【0127】先ず、図18の(B)に示すように、隣接する単位区画(メッシュ)に跨っている図形(図形A)に関しては、単位区画内に位置する部分のみを処理するために、単位区画の境界において図形(図形A)の分解を行っておく。尚、分解され、単位区画内に入っていない図形は、他の単位区画において処理される。

【0128】次に、抽出された単位区画におけるパターンを、勾配ベクトルの成分方向に沿って分割する(図19の(A)及び(B)参照)。即ち、勾配ベクトルの成分方向と平行な辺に沿って、大図形(図形A)を分割する。また、図形B及び図形Cも分割する。分割パターンのx軸方向及びy軸方向の大きさを L_x 及び L_y としたとき、 L_x 及び L_y は、以下の方法で決定すればよい。

【0129】パターン密度50%における単位露光量当たりの線幅変動率(単位区画内の線幅変動率)を ΔL とする。また、単位区画内の線幅変動許容値を ΔL_{tol} とする。分割パターンの許容サイズ L_x 、 L_y と、 ΔL_{tol} 、 ΔL との関係は、以下の式(38-1)及び式(38-2)のとおりとなる。尚、平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルのx軸方向及びy軸方向の大きさを $|\Delta_v \alpha_x|$ 及び $|\Delta_v \alpha_y|$ とする。

【0130】

【数42】

精度が得られる。

【0132】

【数43】

2)を分割パターンの許容サイズ L_x 、 L_y が共に満足するように単位区画内のパターンの分割を行えば、所望の線幅精度が得られる。

【0134】

【数44】

激に変化する境界領域においても、高精度な露光量の補正が可能となる。尚、補正露光量は、従来の代表点評価による逐次計算法等による近接効果補正法にて得ることができるが、実施例4にて説明する近接効果補正法にて

求めることが好ましい。尚、図20において、「f」で示した分割パターンにおける補正露光量は、実施例2にて説明した近接効果補正法にて面積重心点(X_g, Y_g)において式(36)から得られた補正露光量に相当する。

「e」、「d」、「c」、「b」、「a」で示される分割パターンにおいては、後方散乱に起因した蓄積エネルギーの影響が順次小さくなるため、「f」で示した分割パターンにおける補正露光量よりも順次、補正露光量が大きくなっている。一方、「g」で示される分割パターンにおいては、後方散乱に起因した蓄積エネルギーの影響が順次大きくなるため、「f」で示した分割パターンにおける補正露光量よりも順次、補正露光量が小さくなっている。このように分割パターンにおける最適補正露光量を求めた後、かかる最適補正露光量に基づき、電子線ビームにて各分割パターンを描画すればよい。図20においては、単位区画内のパターンを16の図形に分割したので、16回、露光を行えばよい。尚、従来の近接効果補正法においては、単位区画内の分割されていない各パターンに対して同一の補正露光量で描画を行っている。

【0136】尚、図18の(A)に示したと同一のパターンにおいてパターン面積密度の勾配ベクトルがx軸方向にのみ向いている場合(図21の(A)参照)、基本的には、抽出された単位区画におけるパターンを、勾配ベクトルの成分方向(この例では、x軸方向成分)に沿って分割すればよく(図21の(B)参照)、単位区画内のパターンの分割を必要最小限に抑えることが可能である。最終的に得られる、それぞれの分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正の状態を、図22に模式的に示す。図22において、「d」で示した分割パターンの補正露光量は、実施例2にて説明した近接効果補正法にて面積重心点(X_g, Y_g)において式(36)から得られた補正露光量に相当する。「c」、「b」

「a」で示した分割パターンにおいては、後方散乱に起因した蓄積エネルギーの影響が順次小さくなるため、「d」で示した分割パターンにおける補正露光量よりも順次、補正露光量が大きくなっている。

【0137】(実施例4)実施例1及び実施例3にて説明した、パターン面積密度が急変する単位区画(メッシュ)の抽出、及び、抽出された単位区画内の分割パターンに対して、従来の代表点評価による逐次計算法等による近接効果補正を行えば、かかる単位区画においても高精度な近接効果補正を行うことができる。しかしながら、従来の代表点評価による逐次計算法等には、繰り返しの計算や大規模な行列計算が必要とされる。

【0138】本発明の第4の態様に係る近接効果補正法である実施例4においては、単位区画(メッシュ)内では、後方散乱に起因する蓄積エネルギーはほぼ直線的に変化すると見なせることに着目し、パターン面積密度の勾配ベクトルに基づく露光量補正平面を想定して、高速

且つ高精度な近接効果補正を行う。

【0139】実施例4における近接効果補正法の流れを以下に示す。

【0140】[ステップ400] 先ず、描画パターンデータ(EBパターンデータ)を読み込み、次いで、描画パターンデータを所定の単位区画に分割し、単位区画内のパターンをビットマップ展開し、各単位区画におけるパターン面積密度 α を算出する。

【0141】[ステップ410] 各単位区画におけるパターン面積密度 α に平均化処理を施し、平均化処理後のパターン面積密度 α' を算出する。

【0142】[ステップ420] 平均化処理後のパターン面積密度 α' の勾配ベクトル Δ_{α} を算出する。

【0143】[ステップ430] 算出された勾配ベクトル Δ_{α} に基づき、平均化処理後のパターン面積密度が急激に変化する単位区画を抽出し(即ち、算出された勾配ベクトル Δ_{α} の大きさが所定の値 S_{th} 以上である単位区画を抽出し)、以て、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を確定する。

【0144】[ステップ440] 抽出された単位区画における補正露光量を最適化する。

【0145】[ステップ450] 抽出された単位区画内のパターンを分割して、分割パターンを得る。

【0146】以上の[ステップ400]～[ステップ430]は、実施例1にて説明した方法と同様とすることができる。また、[ステップ440]は、実施例2にて説明した方法と同様とすることができる。尚、実施例4においては、単位区画(i, j)の面積重心点(X_g, Y_g)において補正露光量の最適化を行う。あるいは又、代表点評価による逐次計算法にて補正露光量の最適化を行ってもよい。更には、[ステップ450]は、実施例3にて説明した方法と同様とすることができる。従って、これらの工程の詳細な説明は省略する。

【0147】[ステップ460] この工程においては、抽出された単位区画(メッシュ)内での補正露光式(平面近似)を算出する。いま、或る単位区画(i, j)の中心を原点に取り、かかる単位区画におけるパターンの面積重心点の座標を $G(X_g, Y_g)$ とする(図23参照)。尚、[ステップ440]において、単位区画(i, j)の面積重心点(X_g, Y_g)における、後方散乱に起因した蓄積エネルギーの最終値を $E_{bg}(i, j)$ とする。 $E_{bg}(i, j)$ は、実施例2の[ステップ232]の最後の繰り返しの得られた、式(29-1)及び式(29-2)に基づく蓄積エネルギーである。また、単位区画(i, j)内の面積重心点(X_g, Y_g)における補正露光量を $D_{x,i,j}(X_g, Y_g)$ とすると、単位区画内においては、式(41)の関係が成り立つ。尚、 $D_g/2$ は、パターンエッジ強度に相当する。また、 $D_{x,i,j}(X_g, Y_g)$ は、前方散

乱に起因する露光量に相当し、その1/2はパターンエッジ強度に相当する。尚、式(41)を変形すること
で、式(37)を得ることができる。

$$E b_g(i, j) + D_{g,i,j}(X_g, Y_g) / \{2(1+\eta)\} = D_g/2$$

式(41)

【0149】平均化されたパターン面積密度 α' (i, j) から算出された後方散乱に起因する蓄積エネルギーの勾配ベクトル $\Delta_v E b(i, j) = (\Delta_v E b_{x,i,j}, \Delta_v E b_{y,i,j})$ を用いると、単位区画(i, j)内の分割パターンの中心点 $(x_{div,c}, y_{div,c})$ における後方散乱に起因した蓄積エネルギー $E b_{i,j}(x_{div,c}, y_{div,c})$ は、以下の式(42)で表すことができる。

$$\begin{aligned} E b_{i,j}(x_{div,c}, y_{div,c}) &= |\Delta_v E b_{x,i,j}| \cdot (x_{div,c} - X_g) \\ &\quad + |\Delta_v E b_{y,i,j}| \cdot (y_{div,c} - Y_g) \\ &\quad + E b_g(i, j) \end{aligned}$$

式(42)

【0151】平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトル $(\Delta_v \alpha_{x,i,j}, \Delta_v \alpha_{y,i,j})$ と蓄積エネルギーの勾配ベクトル $(\Delta_v E b_{x,i,j}, \Delta_v E b_{y,i,j})$ との間には、式(19-1)及び式(19-2)の関係があるの

$$\begin{aligned} E b_{i,j}(x_{div,c}, y_{div,c}) &\approx (x_{div,c} - X_g) \cdot |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \cdot D_g \cdot \eta / (1+\eta) \\ &\quad + (y_{div,c} - Y_g) \cdot |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \cdot D_g \cdot \eta / (1+\eta) \\ &\quad + E b_g(i, j) \end{aligned}$$

式(43)

【0153】単位区画(i, j)内の分割パターンの中心 $(x_{div,c}, y_{div,c})$ における補正露光量 $D_{div,cor}(x_{div,c}, y_{div,c})$ に関しては、式(44)の関係が

$$\begin{aligned} E b_{i,j}(x_{div,c}, y_{div,c}) &+ D_{div,cor}(x_{div,c}, y_{div,c}) / \{2(1+\eta)\} \\ &= D_g/2 \end{aligned}$$

式(44)

【0155】式(43)に基づき、式(44)を変形すると、以下の式(45)のとおりとなる。

$$\begin{aligned} D_{div,cor}(x_{div,c}, y_{div,c}) &\approx D_g [(1+\eta) - 2\eta \{ |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \cdot (x_{div,c} - X_g) \\ &\quad + |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \cdot (y_{div,c} - Y_g) \}] \\ &\quad - 2(1+\eta) E b_g(i, j) \end{aligned}$$

式(45)

【0157】厳密には、 $E b_g(i, j)$ は $D_{div,cor}(x_{div,c}, y_{div,c})$ に依存するが、面積重心点 (X_g, Y_g) を中心に平面近似しているので、単位区画(メッシュ)内のローカルな補正露光量は、単位区画内では、全体として相殺されてほぼ0となる。従って、単位区画内におけるローカルな補正露光量 $E b_g(i, j)$ への $D_{div,cor}(x, y)$ の影響はほぼ無視できる。従って、単位区画内での露光量補正による周辺の単位区画への近接効果の影響の変化も無視できる。図2のパターンについて、実施例4を適応したときの微細ラインパターン(線幅0.2 μ m)のパターン線幅変化を、図24に示す。尚、この場合、分割パターンの L_x, L_y の値を1.28 μ mとした。また、電子線ビームは、各分割パターンの大きさと等しくした。

【0148】

【数45】

尚、点 $(x_{div,c}, y_{div,c})$ の座標は、単位区画(i, j)の中心を原点としている。尚、式(42)の右辺の第1項及び第2項に対しては、場合によっては重み付けの定数を掛けてもよい。

【0150】

【数46】

で、パターン面積密度の勾配ベクトルを用いて、式(42)を変形すると、以下の式(43)のとおりとなる。

【0152】

【数47】

単位区画内のどこでも成立しなければならない。

【0154】

【数48】

【0156】

【数49】

【0158】平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを用いて、抽出された単位区画に対して高精度な近接効果補正を行うことで、全体として高精度な補正効果が得られる。図2に示したパターンについて、近接効果補正無し、従来の面積密度マップ法、単位区画を1単位とした境界領域の高精度補正(実施例2に基づく)、及び、図形分割を行った高精度補正(実施例4に基づく)に関して、単位区画内の微細ラインパターン(線幅0.2 μ m)のパターン線幅変化のそれぞれを、図25に示す。実施例4によって、最も近接効果補正が困難であるパターン密度100%-パターン密度約0%の境界領域においても、極めて高い精度の近接効果補正が行われていることが判る。

【0159】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説

明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。実施例における各種の条件や使用した数値は例示であり、適宜変更することができる。

【0160】

【発明の効果】本発明の第1の態様に係る近接効果補正法においては、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画を自動的に確定することが可能である。また、本発明の第2の態様に係る近接効果補正法においては、パターン面積密度の修正を高い精度で得ることができ、その結果、単位区画の中心若しくは面積重心点等の所定の位置における補正露光量の最適化を図ることができるし、設計寸法からのパターン線幅の線幅の変化量を、従来法よりも小さくすることができる。本発明の第3の態様に係る近接効果補正法においては、近接効果補正の補正誤差が大きな単位区画内におけるパターンを適切な大きさに分割することができるので、電子線ビームの描画データが増大したり、データハンドリング、描画時間に問題が生じることはない。更に、本発明の第4の態様に係る近接効果補正法においては、分割パターンに対する補正露光量を、繰り返し計算や大規模な行列計算で求める必要がなく、高速且つ高精度な近接効果補正を行うことができる。

【0161】本発明の近接効果補正法により、50kV以上の高加速電圧を前提とした電子線リソグラフィで、0.1 μ mルールレベルの超LSIをターゲットとした電子線直接描画における近接効果補正を、高速且つ高精度に行うことができる。また、大規模な最適化計算（行列計算等）を一切行わないので、従来の代表点評価による逐次計算法と同程度の高精度を保ちつつ、遥かに少ない計算量で近接効果補正が可能である。更には、露光量を高精度にて補正すべき領域を自動的に抽出し、最適なパターン分割を行うので、メモリーセルアレイのような規則的なパターンのみならず、ASICのようなランダムなパターンを有するロジック系デバイスにおける大規模の描画パターンデータに対しても、全域に亘って高精度な露光量の補正を行うことが可能である。従って、本発明により、電子線直描による実用的な超LSIの試作や生産が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の各態様の関係を示す流れ図である。

【図2】実施例にて用いたパターンを示す図である。

【図3】図2に示したパターンにおいて、近接効果補正を全く行わなかった場合の微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅変化を示す図である。

【図4】実施例1の近接効果補正法を説明するためのフローチャートである。

【図5】実施例1において、単位区画毎のパターン面積密度の算出結果を示す図である。

【図6】実施例1において、平均化処理後の単位区画毎のパターン面積密度の算出結果を示す図である。

【図7】実施例1において、図2に示したパターンに対する平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルの絶対値の分布を示す図である。

【図8】実施例1において、図7に示したパターン面積密度の勾配ベクトルに対して閾値処理を施し、パターン面積密度が急変する単位区画を抽出した結果を示す図である。

【図9】従来の面積密度マップ法を用いた場合の、図2に示したパターンにおける微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅の変化を示す図である。

【図10】単位区画の一辺の長さ（メッシュサイズ）を5.12 μ mから2.56 μ mに変更した場合の、図9と同様の微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅の変化を示す図である。

【図11】実施例2の近接効果補正法を説明するためのフローチャートである。

【図12】実施例2において、 $N=1$ （初期条件：従来法）における式(31)の $Derr_N(i, j)$ の計算結果を示す図である。

【図13】実施例2において、境界領域における、単位区画を1単位とした補正露光量の最適化を行った場合の、式(35)の $Derr_N(i, j)$ の計算結果を示す図である。

【図14】実施例2における微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅の変化を示す図である。

【図15】微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅の変化を、従来法と実施例2で比較した結果を示す図である。

【図16】実施例3の近接効果補正法を説明するためのフローチャートである。

【図17】実施例3において、平均化処理後のパターン面積密度の勾配ベクトルを模式的に示す図である。

【図18】実施例3におけるパターンの分割方法を説明するための図である。

【図19】図18に引き続き、実施例3におけるパターンの分割方法を説明するための図である。

【図20】実施例3における分割パターンのそれぞれに対する電子線ビームの露光露光量を模式的に示す図である。

【図21】図18とはパターン面積密度の勾配ベクトルが相違する例における、パターンの分割方法を説明するための図である。

【図22】図21に示した状態における、分割パターンのそれぞれに対する電子線ビームの補正露光量を模式的に示す図である。

【図23】実施例4の近接効果補正法を説明するための図である。

【図24】図2のパターンについて、実施例4を適応したときの微細ラインパターン（線幅0.2 μ m）のパターン線幅変化を示す図である。

【図 2 5】近接効果補正無し、従来の面積密度マップ法、実施例 2 の近接効果補正法、実施例 4 の近接効果補正法によって得られた、図 2 に示したパターンにおける微細ラインパターン（線幅 $0.2\ \mu\text{m}$ ）のパターン線幅変化を示す図である。

【図 2 6】電子線リソグラフィにおける近接効果を模式的に示す図である。

【図 2 7】従来の代表点評価による逐次計算法における蓄積エネルギー計算での、代表点に影響を及ぼす近接した描画図形の範囲を模式的に示す図である。

【図 2 8】従来の代表点評価による逐次計算法における蓄積エネルギー計算法を模式的に説明するための図である。

【図 2 9】従来の代表点評価による逐次計算法において、高加速電圧化及び高集積化に伴い蓄積エネルギー計算量が爆発的に増大する状態を示すグラフである。

【図 3 0】従来の代表図形法を説明する図である。

【図 3 1】従来の面積密度マップ法を説明するためのモデルパターンを示す図である。

【図 3 2】従来の面積密度マップ法において、近接効果

補正を行わない場合の図 3 1 に示したモデルパターンにおけるパターン線幅の変化を示す図である。

【図 3 3】従来の面積密度マップ法の計算の流れを示す図である。

【図 3 4】従来の面積密度マップ法において得られた、パターン面積密度 $\alpha(i, j)$ を示す図である。

【図 3 5】従来の面積密度マップ法において得られた、平均化処理後のパターン面積密度 $\alpha'(i, j)$ を示す図である。

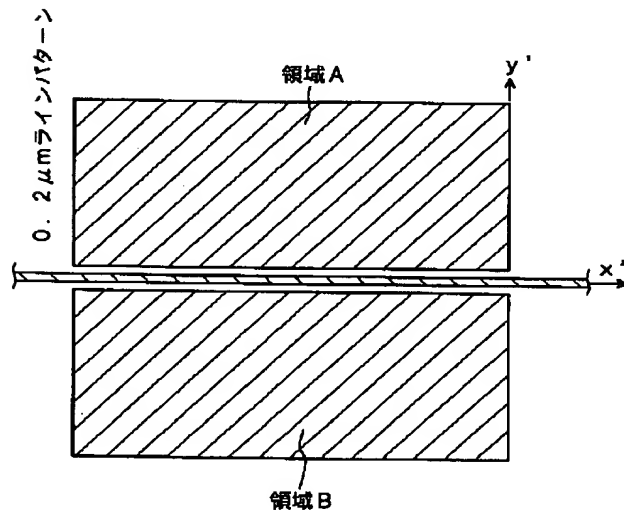
【図 3 6】従来の面積密度マップ法において、平均化処理を行った後のパターン面積密度 $\alpha'(i, j)$ に基づいて、各单位区画における補正露光量 $D_{\text{cor}}(i, j)$ を算出した結果を示す図である。

【図 3 7】従来の面積密度マップ法による近接効果補正を行った場合の、図 3 1 に示したモデルパターンにおけるパターン線幅の変化を示す図である。

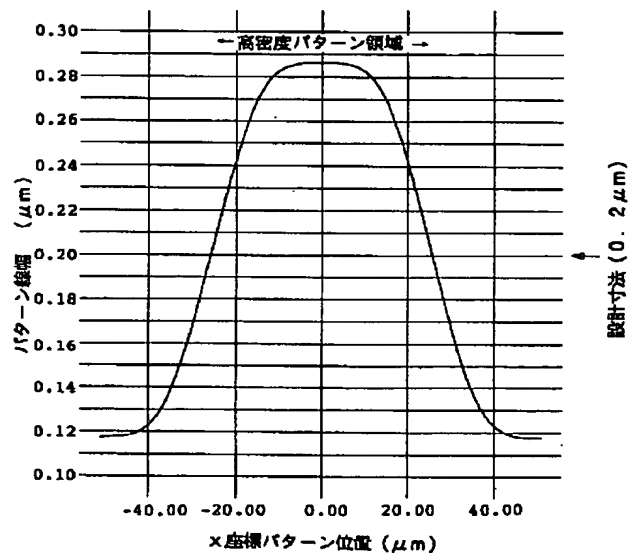
【図 3 8】従来の面積密度マップ法による近接効果補正を行った結果を示す図である。

【図 3 9】従来の面積密度マップ法において、境界領域で発生する鋸状の補正残りを示す図である。

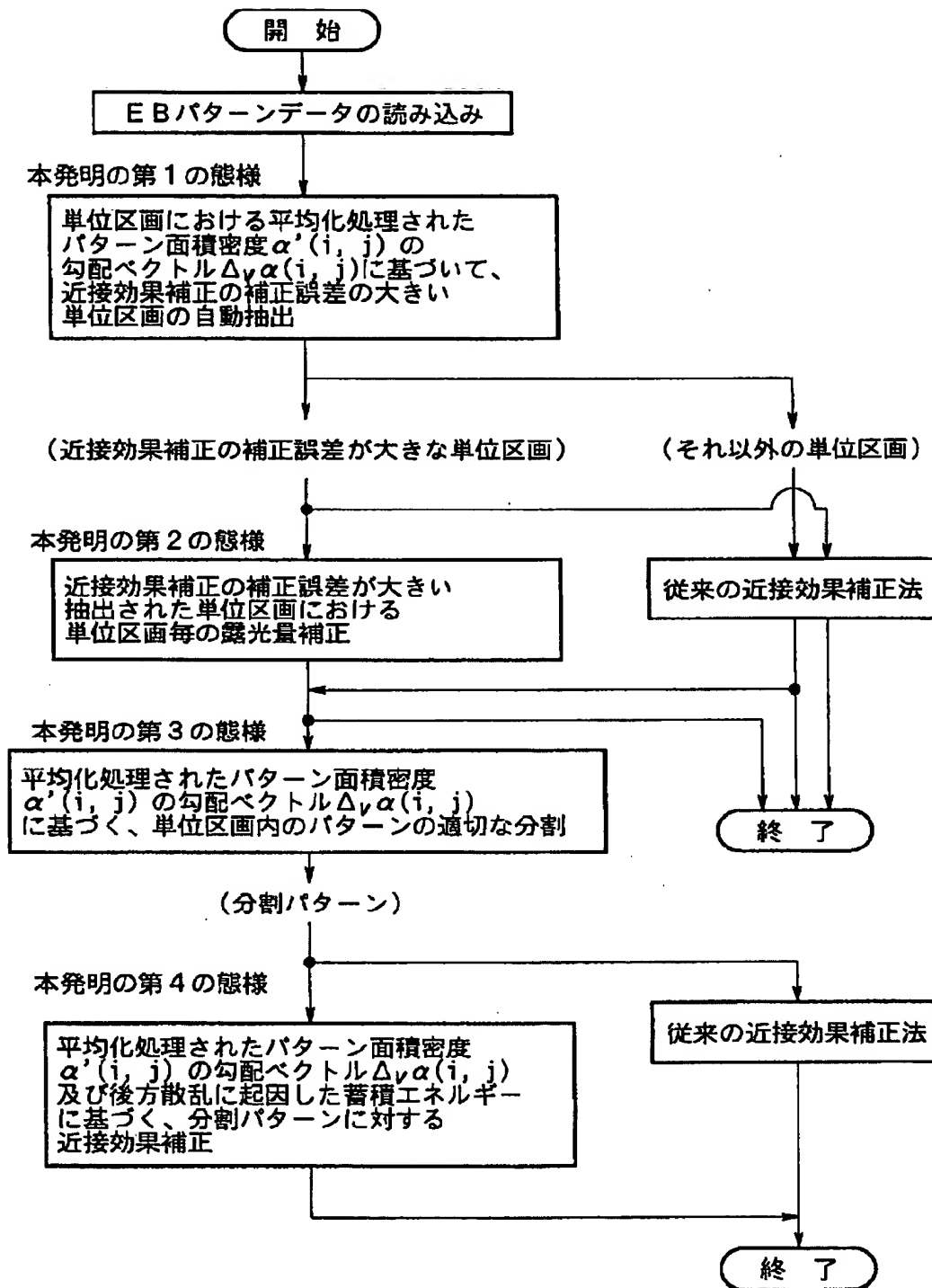
【図 2】



【図 3】

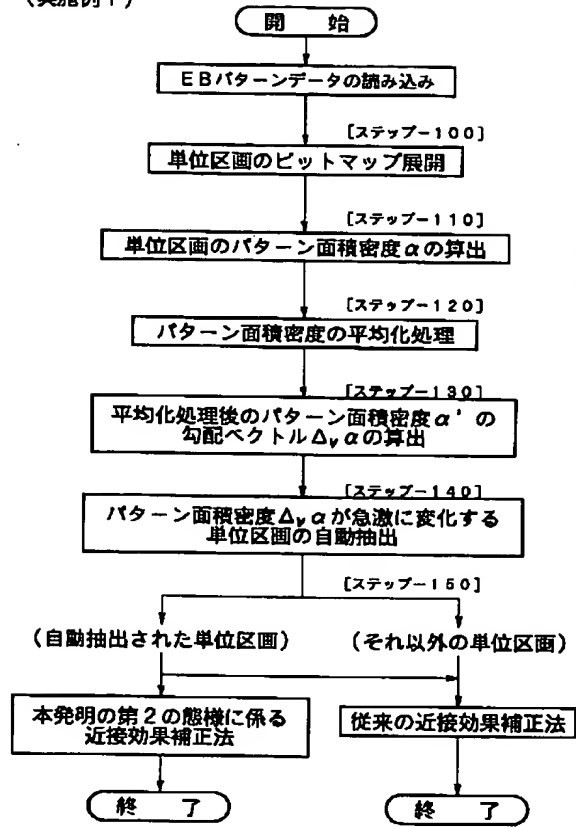


【図 1】

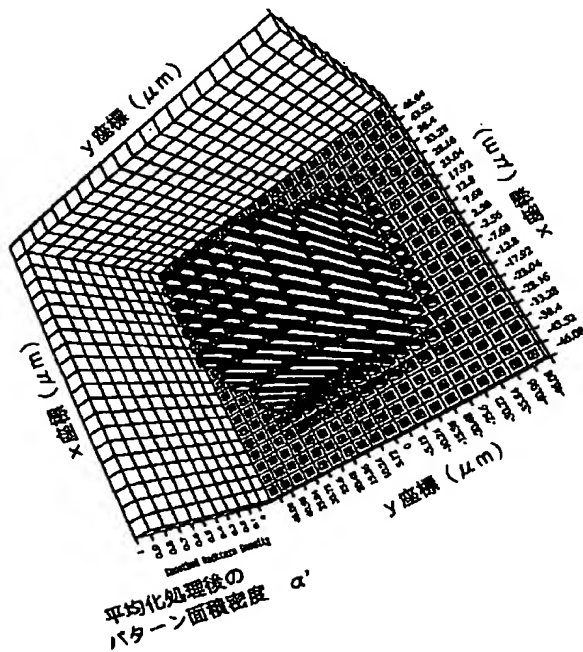


【図4】

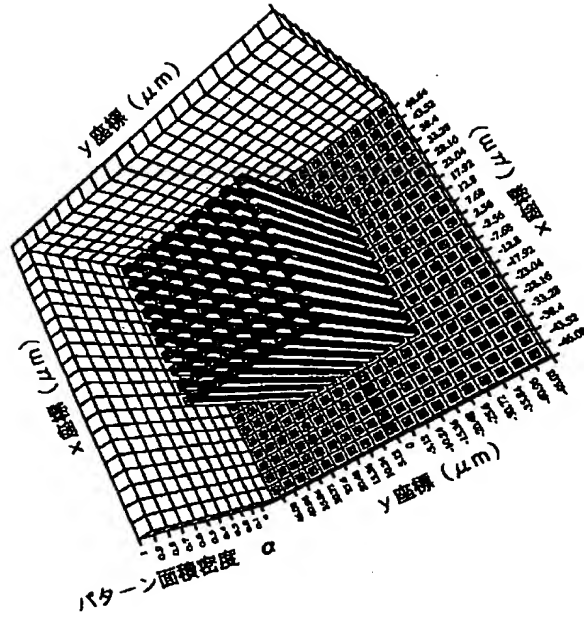
(実施例1)



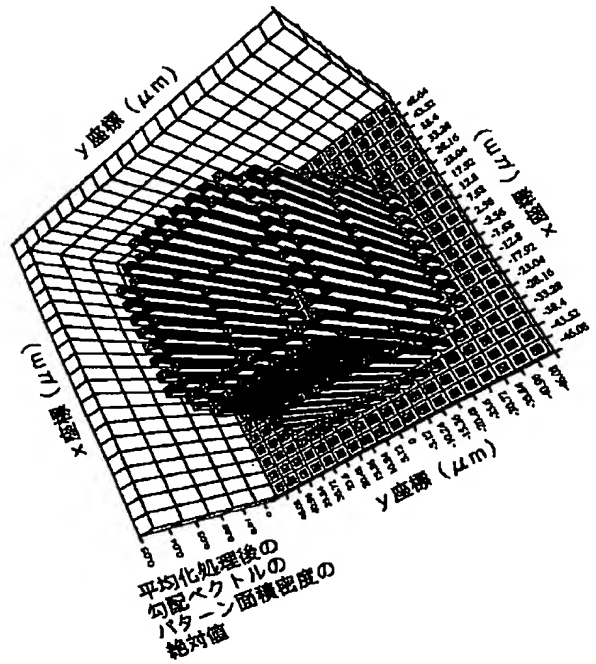
【図6】



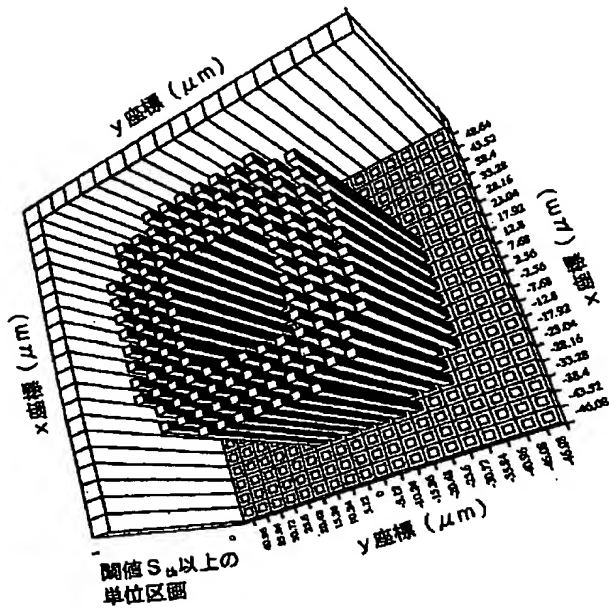
【図5】



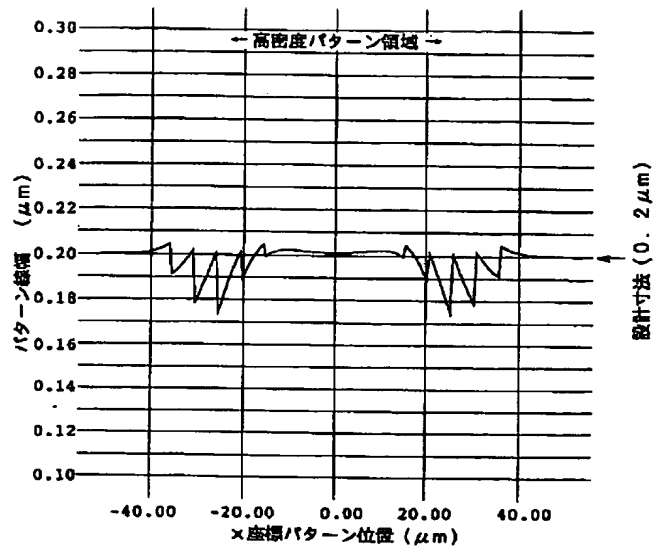
【図7】



【図8】

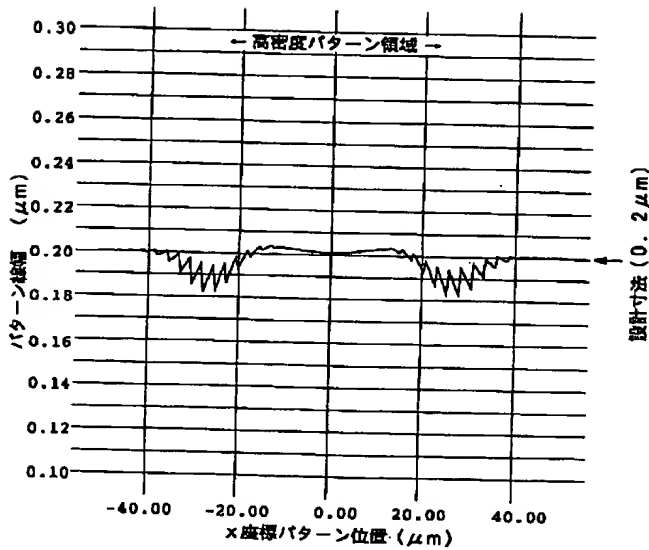


【図9】

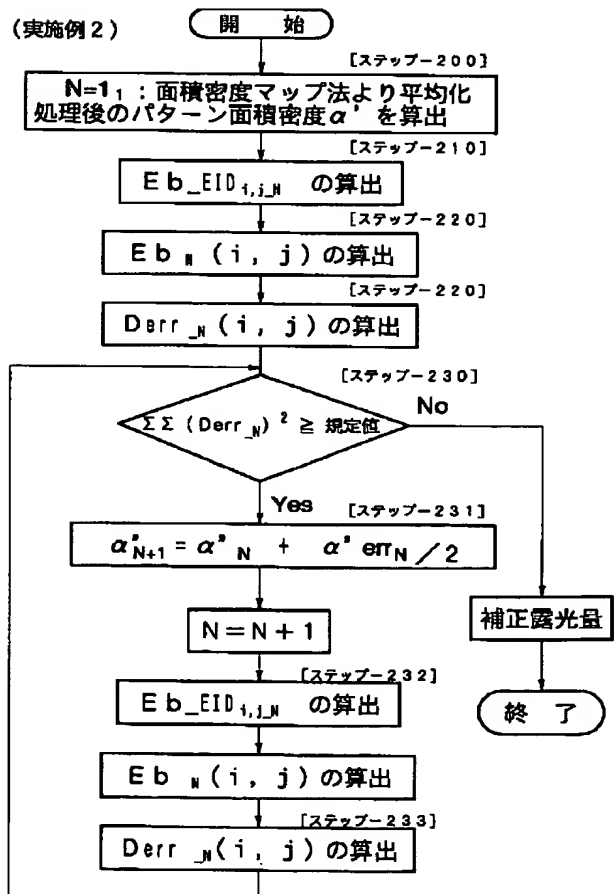


【図11】

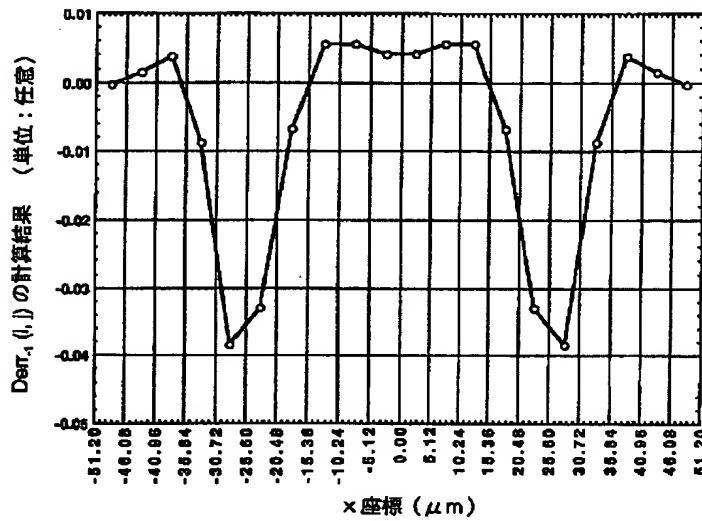
【図10】



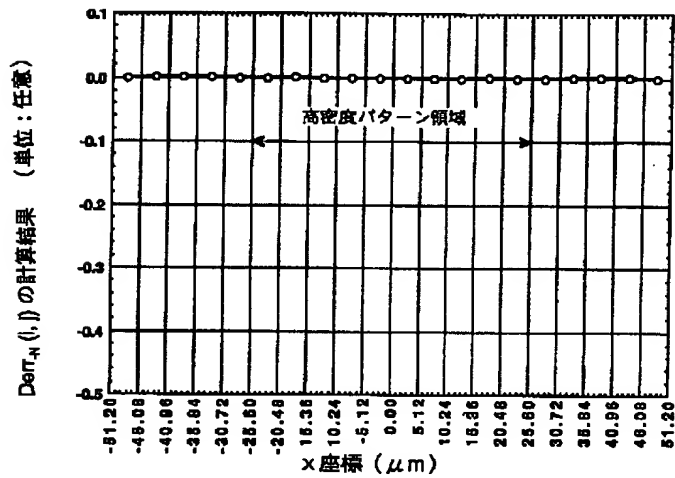
(実施例2)



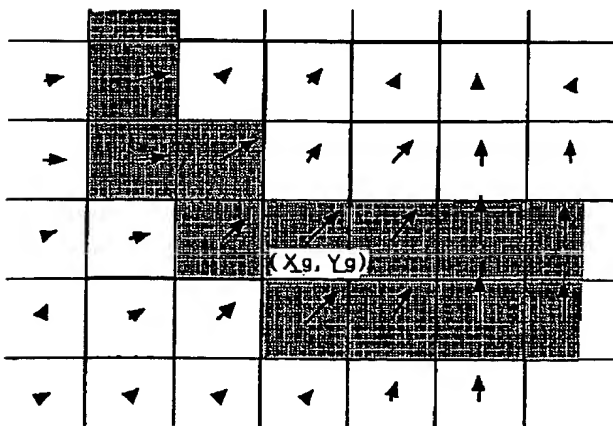
【図12】



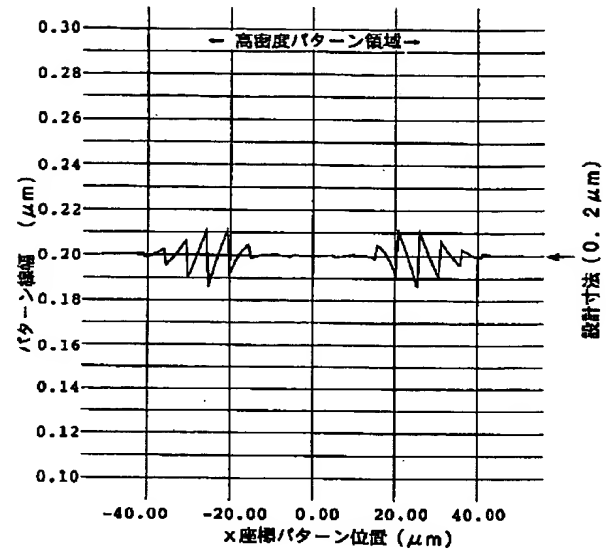
【図13】



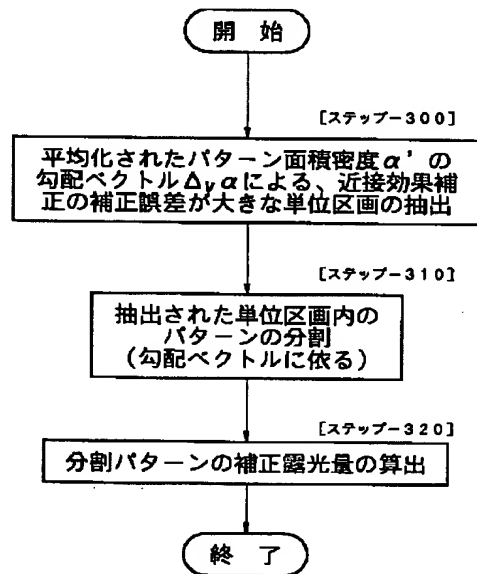
【図17】



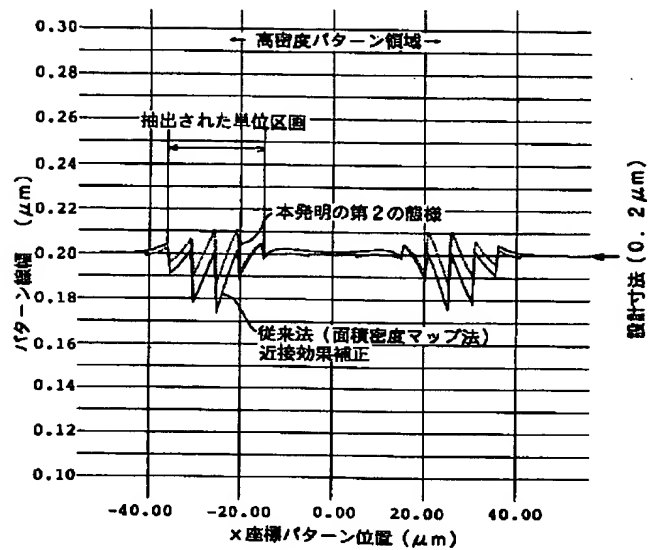
【図14】



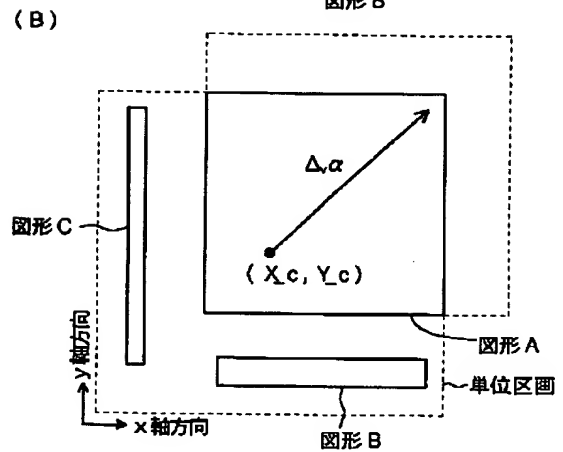
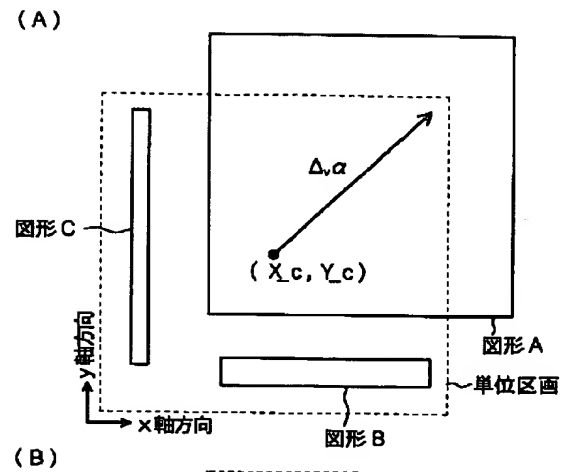
【図16】



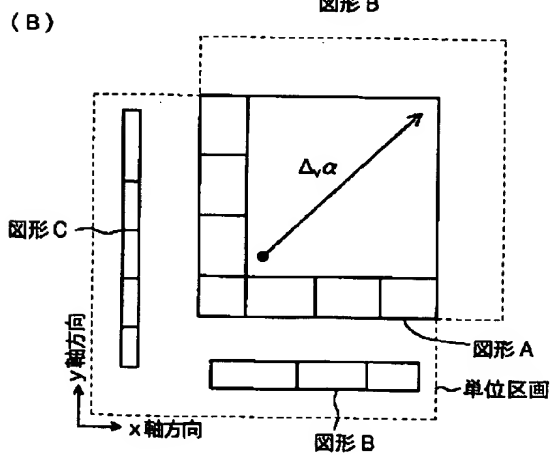
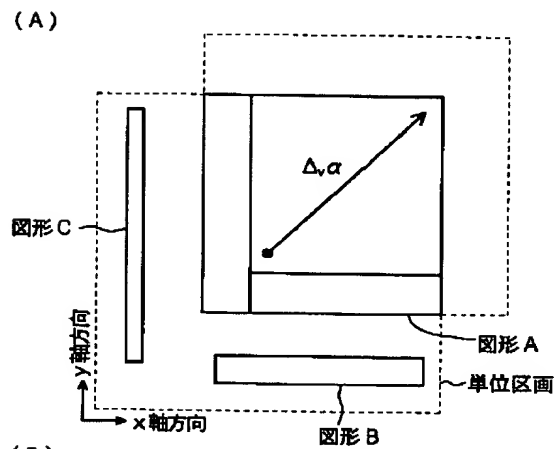
【図15】



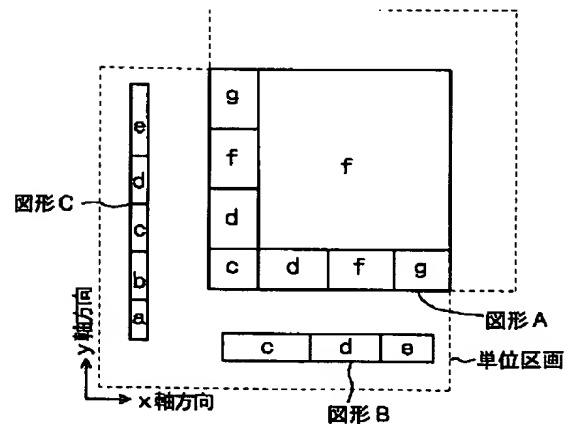
【図18】



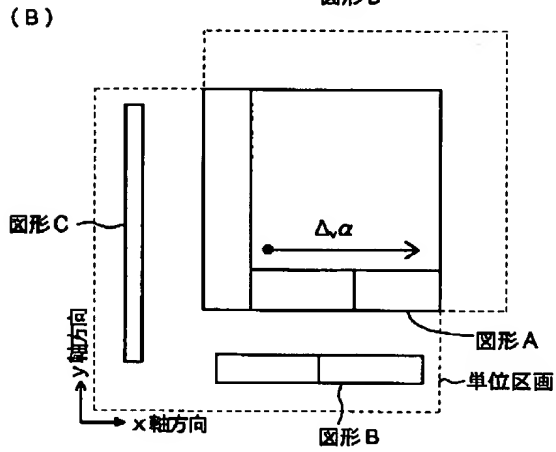
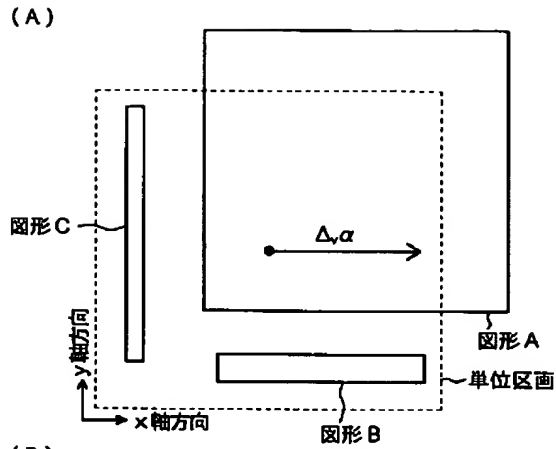
【図19】



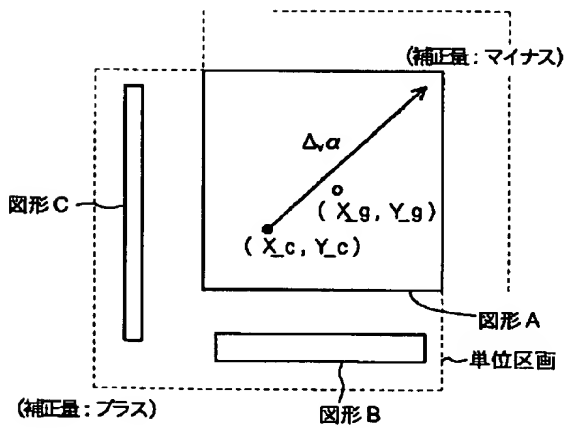
【図20】



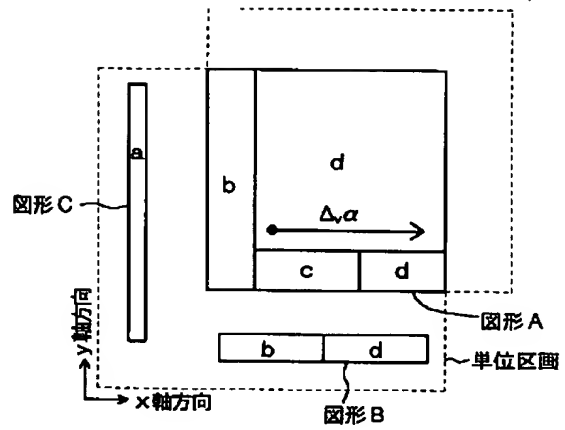
【図21】



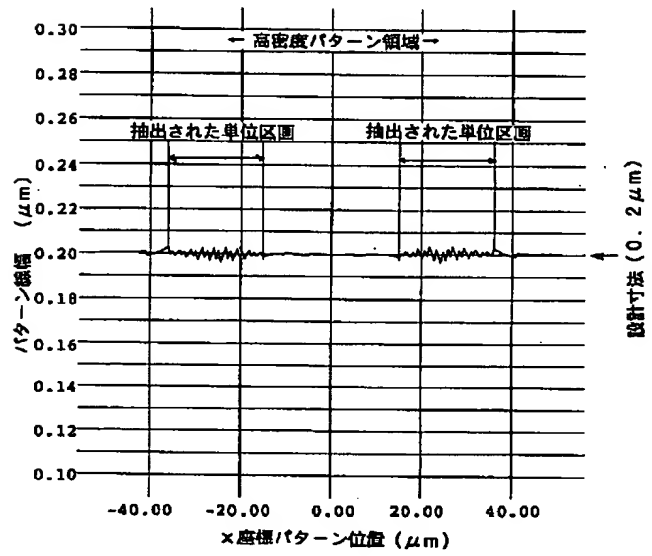
【図23】



【図22】

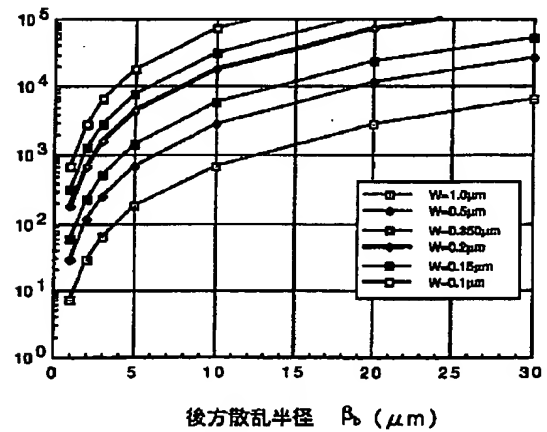


【図24】

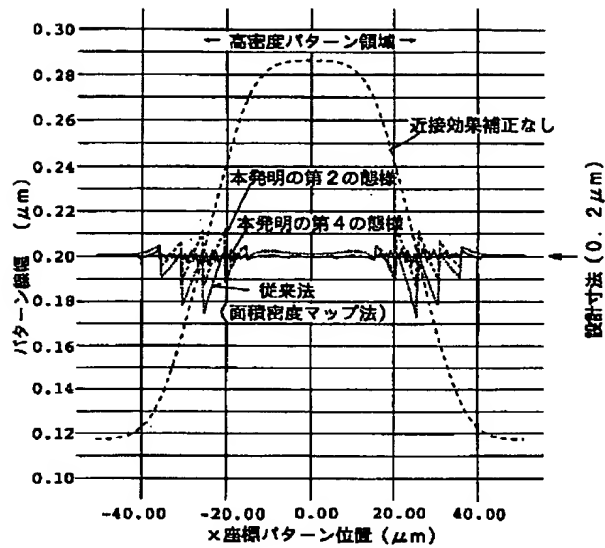


【図29】

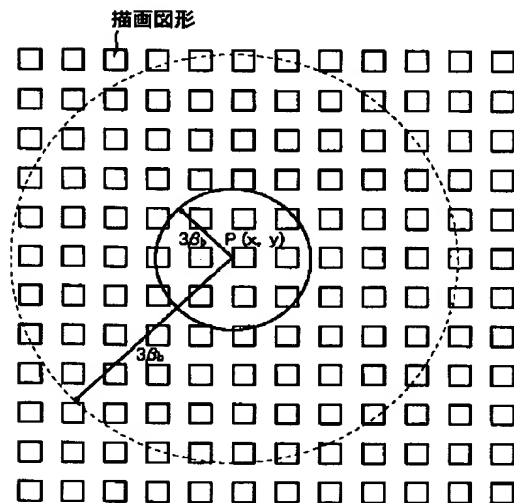
蓄積エネルギー計算で考慮すべき図形数 (1代表点)



【図25】

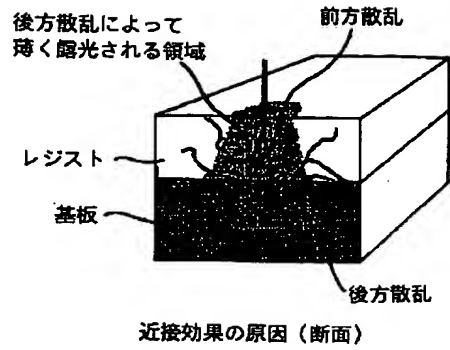


【図27】

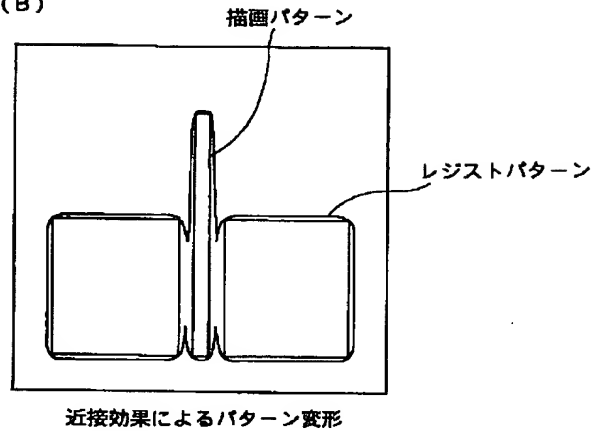


【図26】

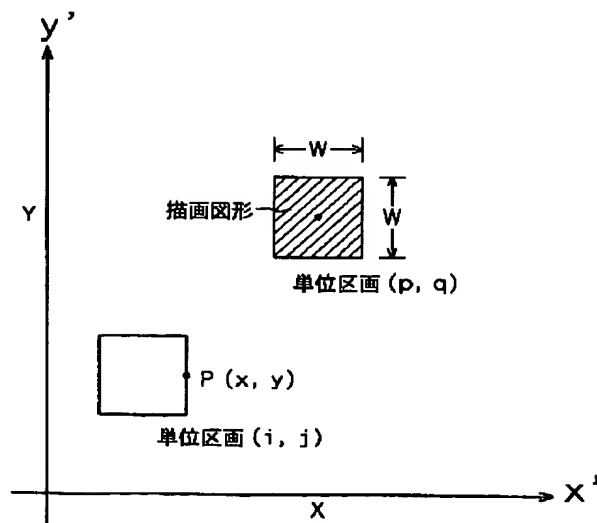
(A)



(B)

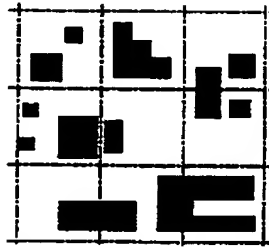


【図28】

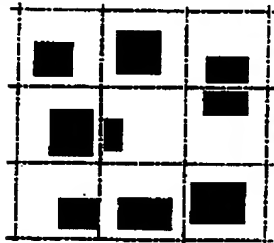


【図30】

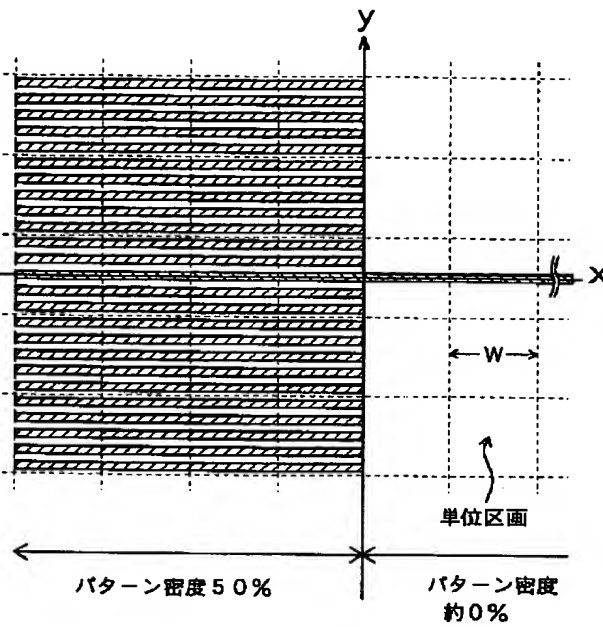
元の図面



代表図面

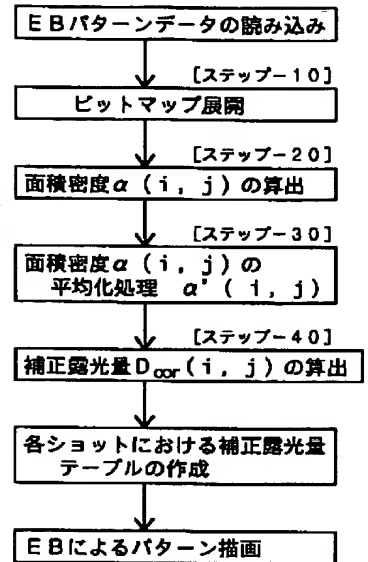


【図31】

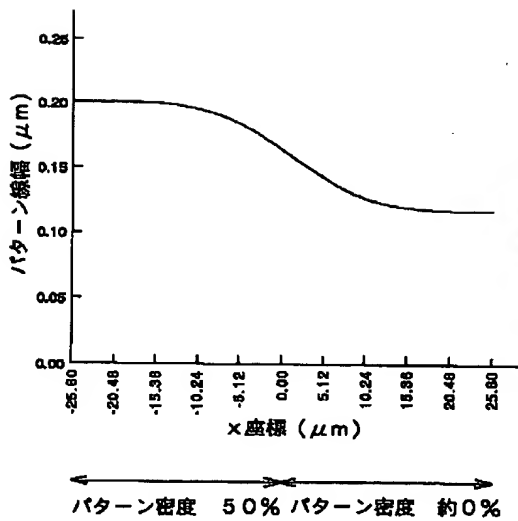


【図33】

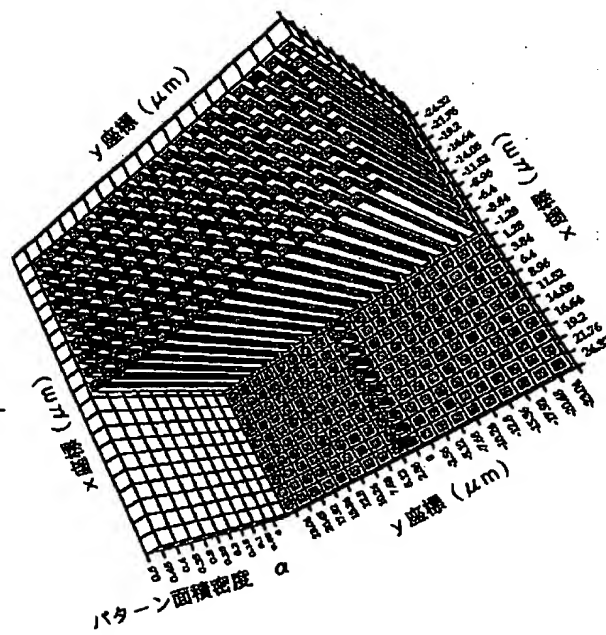
(従来の面積密度マップ法)



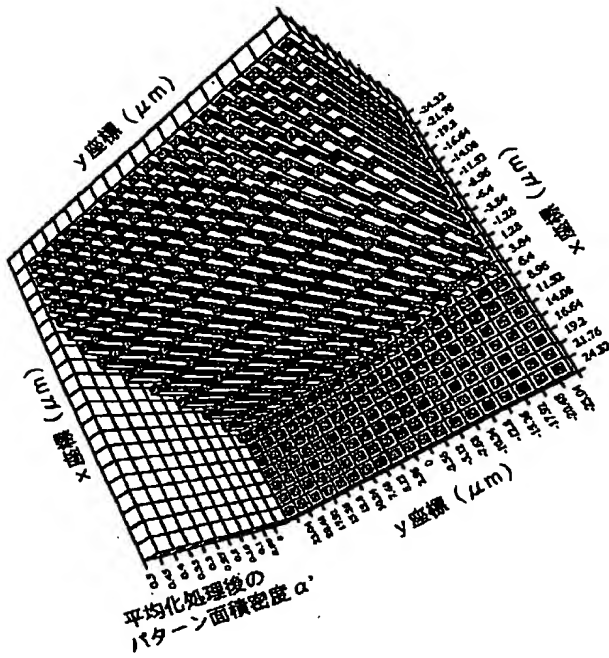
【図32】



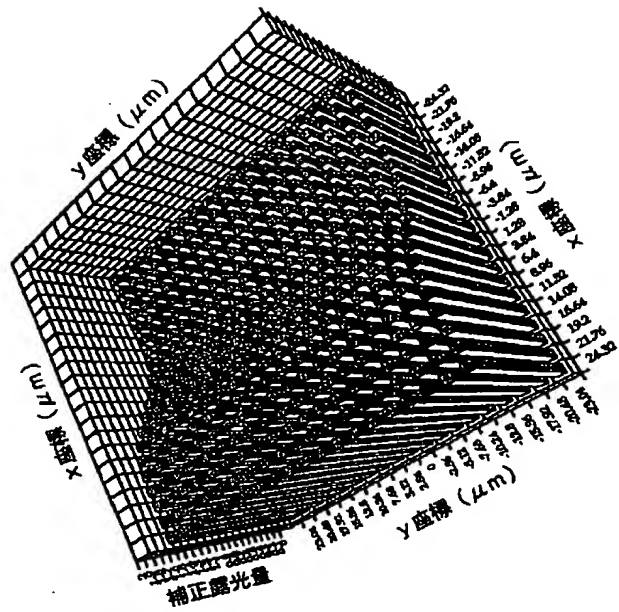
【図34】



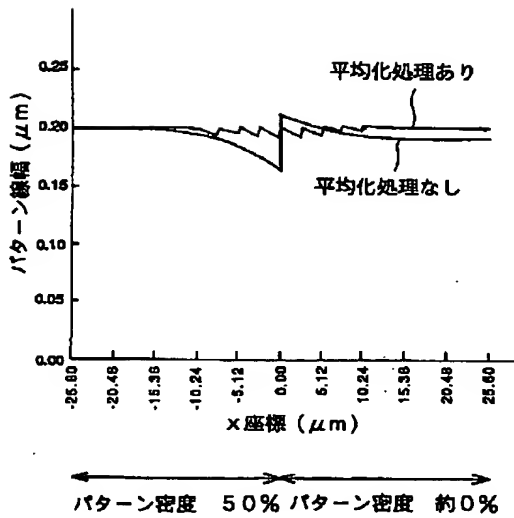
【図35】



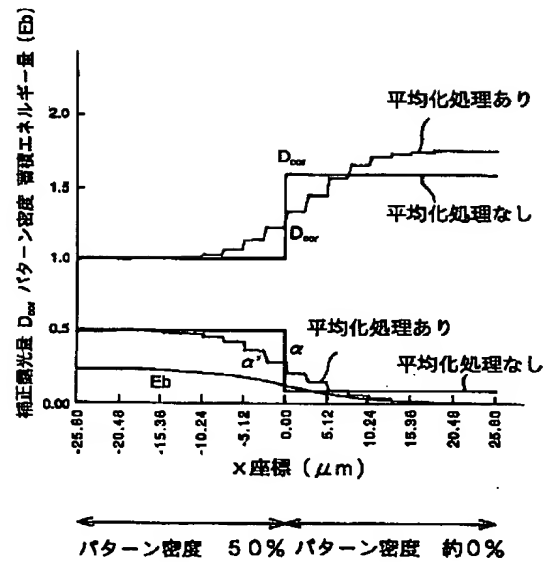
【図36】



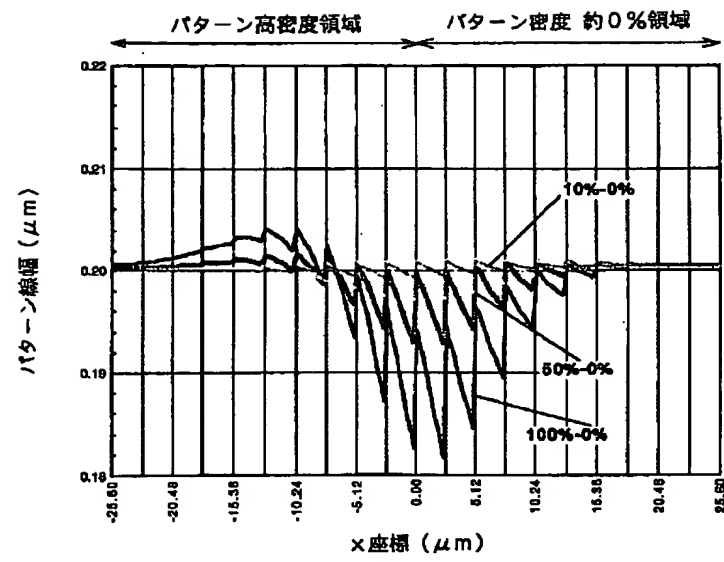
【図37】



【図38】



【図39】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 13 年 10 月 12 日 (2001. 10. 12)

【公開番号】特開平 9-186058
 【公開日】平成 9 年 7 月 15 日 (1997. 7. 15)
 【年通号数】公開特許公報 9-1861
 【出願番号】特願平 7-353266
 【国際特許分類第 7 版】
 H01L 21/027
 【F I】
 H01L 21/30 541 J

【手続補正書】

【提出日】平成 13 年 1 月 15 日 (2001. 1. 15)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0056
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【0056】また、本発明の第 3 の態様に係る近接効果補正法においては、上記の第 4 の目的を達成するために、前記工程 (F) における分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正は、 (f_1) 前記工程 (D) にて抽出された単位区画内の所定の位置における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー、 (f_2) 所定のパターン密度において描画パターンの目標寸法を与える基準露光

$$\begin{aligned} D_{div_cor}(x_{div_c}, y_{div_c}) \\ = D_s [(1 + \eta) \\ - 2 \eta \{ |\Delta_v \alpha_{x,i,j}| \cdot (x_{div_c} - X_g) \\ + |\Delta_v \alpha_{y,i,j}| \cdot (y_{div_c} - Y_g) \}] \\ - 2 (1 + \eta) E b_g(i, j) \end{aligned} \quad \text{式 (3)}$$

にて算出されることを特徴とする。但し、

η : 後方散乱係数。

$|\Delta_v \alpha_{x,i,j}|$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) において、前記工程 (c₁) の最後の繰返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの x 軸方向成分の大きさ。

$|\Delta_v \alpha_{y,i,j}|$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) において、前記工程 (c₁) の最後の繰

量、 (f_3) 後方散乱係数、及び、 (f_4) 前記工程

(D) にて抽出された単位区画内の前記所定の位置から、分割パターンの所定の位置までの距離と、前記工程 (c₁) の最後の繰返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの大きさとの積、に基づき算出することができる。この場合、前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) の中心を座標の原点とし、該単位区画 (i, j) の前記所定の位置を面積重心点 (X_g, Y_g) とし、前記工程 (F) における分割パターンの前記所定の位置を該分割パターンの中心点 (x_{div_c}, y_{div_c}) としたとき、分割パターンに対する電子線ビーム露光量の補正值 $D_{div_cor}(x_{div_c}, y_{div_c})$ は、

【数 19】

り返しにて得られた修正されたパターン面積密度に基づき得られたパターン面積密度の勾配ベクトルの y 軸方向成分の大きさ。

D_s : 所定のパターン密度において描画パターンの目標寸法を与える基準露光量。

$E b_g(i, j)$: 前記工程 (D) にて抽出された単位区画 (i, j) 内のパターンの面積重心点 (X_g, Y_g) における、後方散乱に起因した蓄積エネルギー。